



**TUGAS AKHIR – MO 141326**

**ANALISIS RISIKO KEGAGALAN OPERASI  
DENGAN MENGGUNAKAN METODE *HAZOP*  
*ANALYSIS* PADA *ONSHORE PIPELINE* PT.X**

**Alief Akbar El Hakim**  
NRP 04311440000141

Dosen Pembimbing  
**Prof.Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., MRINA**  
**Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



**TUGAS AKHIR – MO 141326**

**ANALISIS RISIKO KEGAGALAN OPERASI DENGAN  
MENGUNAKAN METODE *HAZOP ANALYSIS* PADA  
*ONSHORE PIPELINE PT.X*”**

**Alief Akbar El Hakim**  
NRP 04311440000141

Dosen Pembimbing  
**Prof.Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., MRINA**  
**Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



---

**FINAL PROJECT – MO 141326**

**RISK ANALYSIS OF OPERATION FAILURE USING HAZOP  
ANALYSIS METHOD ON ONSHORE PIPELINE PT.X**

**Alief Akbar El Hakim**  
**NRP 04311440000141**

Supervisor  
**Prof.Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., MRINA**  
**Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.**

**DEPARTEMENT OF MARINE TECHNOLOGY**  
**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**  
**SURABAYA**  
**2018**

**Analisis Risiko Kegagalan Operasi Dengan Menggunakan Metode *HAZOP***  
***Analysis Pada Onshore Pipeline PT.X***

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana  
Teknik pada Program Studi S -1 Departemen Teknik Kelautan

Falkutas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

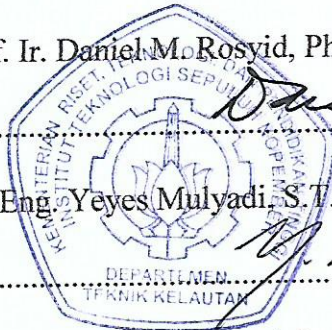
Oleh :

Alief Akbar El Hakim

NRP. 04311440000141

Disetujui Oleh :

1. Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D. MRINA (Pembimbing 1)



*[Signature of Daniel M. Rosyid]*

2. Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc. (Pembimbing 2)

*[Signature of Yeyes Mulyadi]*

3. Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D (Penguji 1)

*[Signature of Silvianita]*

4. Agro Wisudawan, S.T., M.T (Penguji 2)

*[Signature of Agro Wisudawan]*

SURABAYA, JULI 2018

# **ANALISIS RISIKO KEGAGALAN OPERASI DENGAN MENGUNAKAN METODE *HAZOP ANALYSIS* PADA *ONSHORE PIPELINE* PT.X**

**Nama Mahasiswa** : Alief Akbar El Hakim  
**NRP** : 04311440000141  
**Departemen** : Teknik Kelautan – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D, MRINA.  
Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.

## **ABSTRAK**

Dalam industri migas, *pipeline* merupakan komponen utama yang digunakan sebagai sarana distribusi dan transmisi minyak dan gas baik di daratan (*onshore*) maupun di lepas pantai (*offshore*). Oleh karena itu, *pipeline* harus beroperasi dengan aman agar tidak menimbulkan kerugian-kerugian yang membahayakan manusia dan lingkungan. Pada penelitian ini dibahas tentang analisa resiko kegagalan operasi *onshore pipeline* yang bertujuan untuk mengetahui resiko kegagalan operasi apa saja yang terdapat pada *onshore pipeline* serta peluang kegagalannya dengan menggunakan metode *HAZOP Analysis*. Studi ini juga bermaksud untuk mengetahui pengendalian terhadap dampak resiko yang akan terjadi. Studi ini juga membahas konsekuensi kegagalan yang ditentukan berdasarkan dampaknya terhadap keselamatan, lingkungan, dan juga bisnis Studi ini dilakukan dengan menyebarkan kuisioner kepada pihak terkait proyek tersebut untuk mengetahui besaran *likelihood* (kemungkinan) dan *severity* (keparahan) kegagalan operasi pada *onshore pipeline*. Dari hasil penelitian ini didapatkan bahwa resiko kegagalan operasi *onshore pipeline* pada saat kondisi operasi yang masuk kategori tinggi pada aspek *safety*, *environment* dan *business/assets* adalah korosi eksternal dengan peluang 15% sedangkan korosi internal dengan peluang 14% hanya terdapat pada aspek *environment*.

**Keyword** : Analisis Risiko, *Onshore Pipeline* , *HAZOP Analysis*, *Likelihood*, *Severity*, *Matriks Resiko*

# **RISK ANALYSIS OF OPERATION FAILURE USING HAZOP ANALYSIS METHOD ON ONSHORE PIPELINE PT.X**

**Name : Alief Akbar El Hakim**  
**NRP : 04311440000141**  
**Department : Ocean Engineering – ITS**  
**Supervisors : Prof. Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D, MRINA.**  
**Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc.**

## **ABSTRACT**

In the oil and gas industry, pipeline is the main component used as a means of distribution and transmission of oil and gas both onshore and offshore. Therefore, the pipeline must operate safely so as not to cause harm to people and the environment. In this study discussed the risk analysis of the onshore pipeline operation failure which aims to determine the risk of any operating failure found on the onshore pipeline and the probability of failure by using the HAZOP Analysis method. This study also intends to know the control of the impact of risks that will occur. This study also assesses the consequences of failure that are determined based on their impact on safety, environment, and business. The study was conducted by distributing questionnaires to project stakeholders to determine the likelihood scale and severity of operating failures on the onshore pipeline. From the results of this study it is found that the risk of failure of onshore pipeline operation when the operating conditions are high in the aspects of safety, environment and business / assets is external corrosion with an opportunity of 15% while internal corrosion with 14% chance is only in the environmental aspect.

**Keyword : Risk Analysis, Onshore Pipeline, HAZOP Analysis, Likelihood, Severity, Risk Matriks**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisis Risiko Kegagalan Operasi Dengan Menggunakan Metode *Hazop Anlysis* Pada *Onshore Pipeline* PT.X ” dengan baik dan tanpa halangan yang berarti.

Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana (S–1) di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Tugas Akhir ini menganalisis berbagai resiko yang memiliki indikasi bahaya yang dapat menyebabkan kegagalan dalam keadaan operasi pipa dengan menggunakan pendekatan metode risiko (*Hazop analysis*) serta menganalisis penyebab, dampak dan pengendalian dari kegagalan operasi tersebut.

Penulis mengharap saran dan kritik dari para pembaca demi perbaikan dan kesempurnaan penyusunan dan penulisan berikutnya. Semoga Tugas Akhir ini memberi manfaat bagi pengembangan proyek (mahasiswa) selanjutnya, dapat memberi refrensi dan bukti empiris serta kontribusi ilmiah.

Surabaya, Juli 2018

Alief Akbar El Hakim

## UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ayahanda Thoriq Abdul Hakim dan Ibunda Hariyana Nooridawati sebagai kedua orang tua penulis atas dukungan, semangat, dan doa untuk kemudahan pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Prof.Ir. Daniel M. Rosyid, Ph.D., MRINA dan Dr. Eng. Yeyes Mulyadi, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Agro Wisudawan S.T, M.T dan Ibu Silvianita, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Herman Pratikno S.T,M.T selaku kordinator tugas akhir;
5. Bapak Faisal Indra selaku Senior *Pipeline Inspector* atas bantuannya dalam pengumpulan data Tugas Akhir ini;
6. Para ahli dan teknisi serta pihak yang telah bersedia menjadi responden dalam kuisioner Tugas Akhir ini;
7. Bapak Yudhis selaku paman penulis yang selalu memberikan bantuan diskusi dan penyemangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini;
8. Muhammad Auliya Aldi S.T., selaku kakak tingkat penulis yang selalu memberikan bantuan atas diskusi dan penyusunan Tugas Akhir ini;
9. Kakak-kakak dan adik-adik penulis yang selalu menghibur dan memberikan semangat;
10. Teman- teman seperjuangan tugas akhir;
11. Andre,Bima,Diar,Kurniashanti,Nonnia,Salsabilla,Tito,Yasmine, selaku teman penulis yang selalu memberikan dukungan dan semangat;
12. Teman-teman MAELSTROM angkatan 2014 Teknik Kelautan, dan;
13. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 04 Juli 2018

Alief Akbar El Hakim



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
ABSTRAK .....	iv
<i>ABSTRACT</i> .....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv

### BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah .....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Batasan Masalah .....	5
1.5 Manfaat Penelitian.....	6
1.6 Ikhtisar Penulisan .....	6

### BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka .....	7
2.2 Risiko.....	7
2.2.1 Definisi Risiko.....	7
2.2.2 Identifikasi Risiko .....	9
2.2.3 Penilaian Risiko.....	10
2.2.4 Pengendalian Risiko .....	14
2.2.5 Jenis-Jenis Risiko .....	16

2.3	Definisi Kegagalan .....	16
2.3.1	Analisis Kegagalan.....	16
2.3.2	Jenis Kegagalan.....	17
2.4	<i>Hazop Analysis</i> .....	18
2.4.1	Latar Belakang <i>Hazop</i> .....	18
2.4.2	Pengertian <i>Hazop</i> .....	19
2.4.3	Jenis-Jenis <i>Hazop</i> .....	20
2.4.4	Keutamaan <i>Hazop</i> .....	20
2.4.5	Keterbatasan <i>Hazop</i> .....	21
2.4.6	Metodologi <i>Hazop</i> .....	21

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2	Prosedur Penelitian .....	29

### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Pengumpulan Data .....	31
4.1.1	Data <i>Pipeline</i> .....	31
4.2	Identifikasi Resiko .....	32
4.2.1	Identifikasi Resiko .....	32
4.2.2	Resiko Kegagalan Operasi .....	33
4.3	Analisa Menggunakan Metode <i>Hazop Analysis</i> .....	36
4.4	Peluang Kegagalan Operasi .....	42
4.5	Penyebaran Kuisioner <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i> .....	46
4.6	Penilaian Risiko .....	48
4.6.1	Penilaian Persepsi Terhadap Kemungkinan <i>Likelihood</i> ..	49
4.6.2	Penilaian Persepsi Terhadap Keparahan <i>Severity</i> .....	49
4.6.3	Penggolongan Tingkat Risiko .....	52
4.7	Pengendalian Risiko .....	58

## BAB V PENUTUP

5.1	Kesimpulan.....	61
5.2	Saran .....	62

DAFTAR PUSTAKA .....	63
----------------------	----

## LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Alur Inspeksi .....	1
Gambar 1.2	Peta Lokasi Instalasi Pipa .....	4
Gambar 2.1	Matriks Risiko F-N .....	11
Gambar 2.2	Hirarki pengendalian risiko .....	15
Gambar 3.1	Diagram Alir .....	27
Gambar 3.2	Diagram Alir <i>Hazop Analysis</i> .....	28
Gambar 4.1	Peta Lokasi <i>Pipeline</i> .....	32
Gambar 4.2	Contoh Pipa Terkena Korosi Eksternal .....	34
Gambar 4.3	<i>Internal Corrosion Pipeline</i> .....	36
Gambar 4.4	Ledakan Pipa Minyak .....	37
Gambar 4.5	<i>Local Buckling</i> pada <i>Pipeline</i> .....	38
Gambar 4.6	Persentase Kegagalan Operasi pada Aspek <i>Safety</i> .....	43
Gambar 4.7	Persentase Kegagalan Operasi pada Aspek <i>Environment</i> .....	44
Gambar 4.8	Persentase Kegagalan Operasi pada Aspek <i>business/Assets</i> .....	45

## DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Data <i>Pipeline</i> .....	4
Tabel 2.1	Kategori risiko .....	9
Tabel 2.2	Kemungkinan kejadian ( <i>likelihood</i> ) .....	12
Tabel 2.3	Tingkat keparahan ( <i>severity</i> ) .....	12
Tabel 2.4	Klasifikasi keparahan ( <i>Severity Index</i> ) .....	13
Tabel 2.5	Matriks Risiko .....	14
Tabel 2.6	<i>Guideword</i> .....	23
Tabel 2.7	Parameter .....	23
Tabel 4.1	Data Desain <i>Pipeline</i> .....	31
Tabel 4.2	Variabel <i>Hazard</i> .....	33
Tabel 4.3	Analisa <i>Hazop</i> .....	40
Tabel 4.4	<i>Likelihood Index</i> .....	46
Tabel 4.5	<i>Severity Index</i> .....	47
Tabel 4.6	Hasil Survei <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i> Aspek <i>Safety</i> .....	47
Tabel 4.7	Hasil Survei <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i> Aspek <i>Environment</i> .....	48
Tabel 4.8	Hasil Survei <i>Likelihood</i> dan <i>Severity</i> Aspek <i>Business/Assets</i> .....	48
Tabel 4.9	Hasil Penilaian <i>Likelihood Index</i> dan <i>Severity index</i> Ditinjau dari Aspek <i>Safety</i> .....	50
Tabel 4.10	Hasil Penilaian <i>Likelihood Index</i> dan <i>Severity index</i> Ditinjau dari Aspek <i>Environment</i> .....	51
Tabel 4.11	Hasil Penilaian <i>Likelihood Index</i> dan <i>Severity index</i> Ditinjau dari Aspek <i>Business/Assets</i> .....	51
Tabel 4.12	Klasifikasi Keparahahan .....	52
Tabel 4.13	Matriks Resiko .....	53
Tabel 4.14	Hasil Plot Matriks Risiko pada Variabel Resiko 1.1 .....	54
Tabel 4.15	Hasil Penggolongan Matriks Resiko pada Aspek <i>Safety</i> .....	54
Tabel 4.16	Hasil Penggolongan Matriks Resiko pada Aspek <i>Environment</i> .....	55
Tabel 4.17	Hasil Penggolongan Matriks Resiko pada Aspek <i>Business/Assets</i> ...	55

Tabel 4.18	Hasil Matriks Resiko pada Aspek <i>Safety</i> .....	56
Tabel 4.19	Hasil Matriks Resiko pada Aspek <i>Environment</i> .....	57
Tabel 4.20	Hasil Matriks Resiko pada Aspek <i>Business/Asssets</i> .....	57

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Data *Pipeline*

Lampiran B Data Responden

Lampiran C Kusioner *Likelihood* dan *Severity*

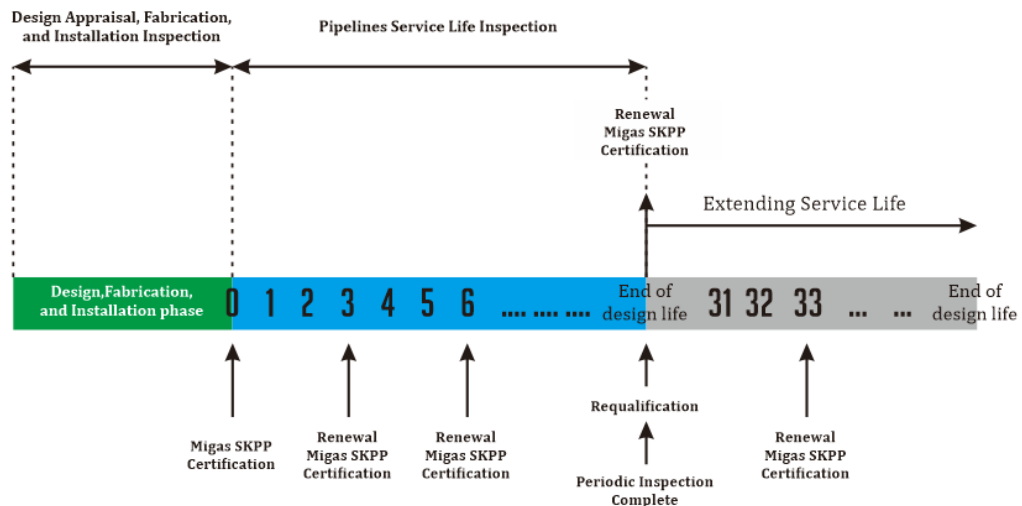
# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan energi dari sektor minyak dan gas (Migas) masih menjadi sesuatu yang utama sampai saat ini. Walaupun upaya pencarian sumber energi baru terus dilakukan, tetapi kenyataannya kebutuhan sumber energi tetap dibutuhkan setiap tahunnya. Hal tersebut menjadikan industri Migas memegang peranan penting dalam kehidupan saat ini.

Dalam industri migas, *pipeline* merupakan komponen utama yang digunakan sebagai sarana distribusi dan transmisi minyak dan gas baik di daratan (*onshore*) maupun di lepas pantai (*offshore*). Proses distribusi dan transmisi tersebut ada kalanya melewati kawasan pemukiman penduduk yang ramai, seperti perkotaan, atau ekosistem lain yang penting seperti laut, sungai, dan danau. Oleh karena itu, *pipeline* harus beroperasi dengan aman agar tidak menimbulkan kerugian-kerugian yang membahayakan manusia dan lingkungan.



Gambar 1.1 Alur Inspeksi

Menurut Peraturan Menteri Pertambangan dan Energi No. 84.K/ 38 / DJM / 1998, pipa minyak dan gas bumi wajib memiliki Serifikat Kelayakan Penggunaan Peralatan (SKPP)/ sertifikat kelayakan perlatan. Menurut Pasal 2,



dari peraturan tersebut, disebutkan bahwa, untuk instalasi dan peralatan dalam operasi penambangan minyak dan gas bumi dilakukan pemeriksaan keselamatan. Pemeriksaan keselamatan yang dimaksud, dilakukan pada instalasi dan peralatan yang akan dipasang atau sudah terpasang.

Pada pengoperasian suatu *pipeline* terdapat beberapa kegagalan-kegagalan yang terjadi pada saat *pipeline* tersebut beroperasi. Dalam beroperasinya suatu *pipeline* terdapat beberapa kemungkinan risiko dapat terjadi jika terjadi kombinasi pertemuan antara *Probability of Failure* dan *Consequence of Failure*. Hal yang pertama akan kita bahas ini ada *Probability of Failure* atau dapat dikatakan probabilitas (kemungkinan) terjadinya kegagalan pada *onshore pipeline*. DNV RP-F107 menyatakan, dalam menentukan frekuensi kejadian dapat dilakukan dengan dua macam cara yaitu: Melakukan perhitungan jika informasi data yang diperlukan tersedia, melakukan estimasi berdasarkan *engineering judgment* serta pengalaman operator yang berada di lapangan. Muhlbauer (2004) menyebutkan ada 4 faktor utama penyebab kebocoran pipeline. Diantaranya adalah faktor adanya pihak ketiga (*third party damage index*), faktor desain *pipeline* (*design index*), faktor korosi (*corrosion index*), dan kegagalan operasi (*incorrect operation index*) (Dharmapala *et al*, 2012). Penelitian tersebut menggunakan model yang dirumuskan oleh Kent Muhlbauer dengan variabel indikator dari tiap variabel laten berupa *minimum depth of cover*, *above ground facilities*, *line locating*, *public education program*, dan *row condition* sebagai indikator dari variabel *third party damage index*. Indikator *atmospheric*, *internal corrosion*, dan *fluid characteristic* digunakan untuk menjelaskan variabel *corrosion index*. *Design index* dijelaskan oleh indikator *safety factor*, *fatigue*, dan *surge potential*, sedangkan *incorrect operation index* dijelaskan oleh indikator *operation* dan *maintenance*

Manajemen Risiko adalah suatu proses mengidentifikasi, mengukur Risiko serta membentuk strategi untuk mengelolanya (Risiko) melalui sumber daya yang tersedia. Menurut Widyanahar (2003), Strategi yang dapat digunakan antara lain mentransfer risiko pada pihak lain, menghindari risiko, menghindari efek buruk dari risiko dan menerima sebagian maupun

keseluruhan konsekuensi dari risiko tersebut. Sonhadji (2011) mengemukakan bahwa risiko terdiri dari tiga unsur yang sangat berkaitan. Unsur pertama yaitu kejadian, yang memiliki kemungkinan (probabilitas) dan akibat (dampak). Sonhadji (2011) juga merumuskan tahapan manajemen risiko yang terdiri dari tahap identifikasi risiko, analisis risiko, evaluasi risiko, dan *treat risk*. Identifikasi risiko adalah tahap di mana di dapat risiko apa saja yang mungkin muncul dalam suatu proyek, apa risikonya, kapan dapat terjadi, dimana bisa terjadi, serta bagaimana dan mengapa bisa terjadi? Analisis risiko dilakukan secara kualitatif. Sedangkan evaluasi risiko merupakan analisis secara kuantitatif dengan memberikan ranking kepada risiko sesuai dengan tingkatan kepentingan risiko. Tahap *treat risk* merupakan tahap ditetapkannya respon risiko terbaik Sonhadji (2011) merumuskan tahapan manajemen risiko yang terdiri lebih.

Secara sederhana, analisis resiko atau *risk analysis* dapat diartikan sebagai sebuah prosedur untuk mengenali satu ancaman dan kerentanan, kemudian menganalisisnya untuk memastikan hasil pembongkaran, dan menyoroti bagaimana dampak-dampak yang ditimbulkan dapat dihilangkan atau dikurangi. Analisis resiko juga dipahami sebagai sebuah proses untuk menentukan pengamanan macam apa yang cocok atau layak untuk sebuah sistem atau lingkungan (ISO 1799, “*An Introduction To Risk Analysis*”, 2012).

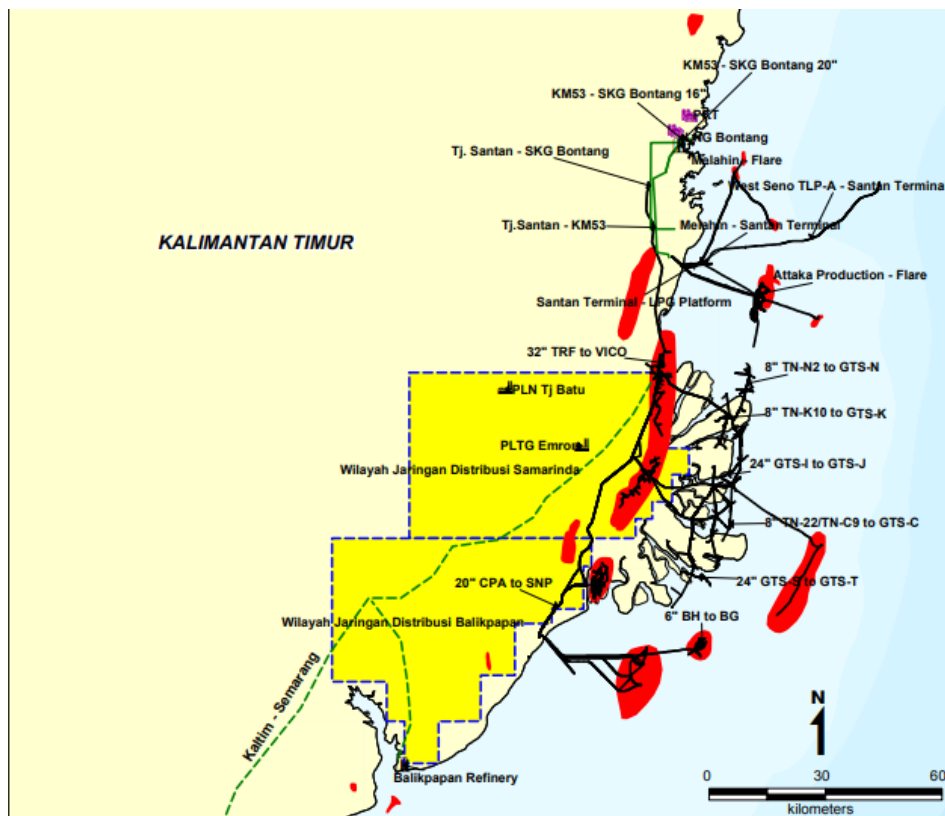
Pada keadaan di lapangan *pipeline* yang beroperasi di daerah Handil, Kalimantan Timur, memiliki kondisi lapangan yang berada di daerah rawa-rawa bersebelahan dengan sungai Mahakam. Di lokasi tersebut banyak dilalui kapal nelayan yang lalu lalang untuk mencari ikan di laut. Selain itu di daerah rawa-rawa terdapat kemungkinan terjadinya penurunan tanah dikarenakan kondisi tanah yang labil..

Berdasarkan penjelasan masalah yang telah dijelaskan sebelumnya, maka pada penelitian tugas akhir ini akan menganalisis risiko kegagalan operasi pada *onshore pipeline* dengan menggunakan metode *Hazop analysis* untuk

mengetahui risiko kegagalan operasi yang mungkin terjadi dan meminimalkan dampak yang diperoleh.

DATA PIPELINE	
Location	Handil
Design Code	SNI 13-3473 / ASME B 31.4
Type	Gathering Line
Contractor	-
Material	API 5L Gr B
OD	12" (304.8 mm)
Wall Thickness	12.7 mm
Length	1284 m
Service	Oil

**Tabel 1.1** Data Pipeline



**Gambar 1.2** Peta Lokasi Instalasi Pipa

(sumber : [http://migas.esdm.go.id/uploads/regulasi/profil\\_peraturan\\_237.pdf](http://migas.esdm.go.id/uploads/regulasi/profil_peraturan_237.pdf))

## 1.2 Perumusan Masalah

Dalam tugas akhir ini ada beberapa permasalahan yang akan diangkat yakni sebagai berikut :

1. Apa saja resiko operasi yang paling dominan terjadi pada saat *onshore pipeline* beroperasi?
2. Berapa peluang kegagalan operasi pada saat *onshore pipeline* beroperasi?
3. Bagaimana cara pengendalian resiko kegagalan operasi dominan yang tepat pada saat *onshore pipeline* beroperasi?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini mencakup beberapa hal antara lain :

1. Mengetahui resiko operasi yang paling dominan terjadi pada saat *onshore pipeline* beroperasi
2. Mengetahui peluang kegagalan operasi pada saat *onshore pipeline* beroperasi
3. Mengetahui cara pengendalian resiko kegagalan operasi dominan yang tepat pada saat *onshore pipeline* beroperasi

## 1.4 Batasan Masalah

Ruang lingkup dalam laporan ini adalah sebagai berikut :

1. Resiko yang diteliti adalah faktor-faktor yang berpotensi resiko operasi pada *onshore pipeline*
2. Variabel resiko pada penelitian ini merupakan resiko kegagalan teknis
3. Mengidentifikasi variabel resiko yang berpotensi mengalami kegagalan operasi *onshore pipeline*
4. Studi ini akan mendalami risiko kegagalan operasi yang dominan pada *onshore pipeline* PT. X dengan melakukan diskusi, wawancara, serta survey melalui kuesioner kepada stakeholder terkait
5. Studi ini akan mendalami penyebab, dampak, serta kontrol dari risiko signifikan dengan menggunakan *Hazop Analysis*;

## 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini, manfaat yang akan didapat adalah sebagai berikut:

1. Dapat memberikan referensi dan bukti empiris bagi akademisi khususnya mahasiswa sebagai kontribusi ilmiah tentang analisis risiko kegagalan operasi pada *onshore pipeline*
2. Dapat mengidentifikasi risiko kegagalan operasi yang dapat terjadi sedini mungkin, sehingga dapat membantu untuk menekan angka kerugian pada proyek serupa.

## 1.6 Ikhtisar Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini dimulai dengan BAB I berupa pendahuluan yang berisi tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan, manfaat penelitian, batasan-batasan masalah serta sistematika penulisan.

Pada BAB II berisi tinjauan pustaka dan dasar teori yang menjadi referensi dan pedoman untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian tugas akhir, selain itu juga terdapat dasar teori yang digunakan dalam penelitian tugas akhir secara rinci dibahas dalam BAB II.

Pada BAB III dalam penulisan Tugas Akhir ini akan menjelaskan tentang metodologi yang akan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dan langkah-langkah pengerjaan Tugas Akhir ini dan metodologi yang digunakan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini.

Pada BAB IV berisikan analisa dan pembahasan penelitian dalam tugas akhir ini. Bab ini membahas pengolahan data hasil dari analisa pemodelan hingga menghasilkan output yang dikehendaki.

Pada BAB V ini berisikan tentang kesimpulan dari penulisan tugas akhir, yang mana berisi tentang hasil akhir dari analisa yang telah dilakukan sesuai dengan permasalahan yang ada, serta beberapa saran yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam penyempurnaan dari hasil analisa yang telah dilakukan.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Tinjauan Pustaka**

Terdapat beberapa penelitian analisa resiko terhadap *pipeline*, seperti Whilda, dkk (2015) yang melakukan penelitian dengan judul *Manajemen Risiko pada Penentuan Strategi Pemeliharaan Berdasarkan Faktor-Faktor Penyebab Kebocoran Pipeline Sebagai Upaya Mitigasi Risiko Di Pt. X*. Selain itu, menurut Dharmapala, dkk (2012) kegagalan operasi pipeline akan memberikan kerugian yang besar untuk perusahaan dan konsumen. Pemeliharaan merupakan aktivitas penting untuk menjaga operasi natural gas pipeline. Risk based maintenance (RBM) merupakan metode pemeliharaan yang didasarkan pada risiko-risiko yang ada. Penilaian risiko yang dilakukan menggunakan metode kombinasi Analytical Hierarchy Process (AHP) dengan Index model.

Menurut Mariana (2012) perusahaan operator pipa perlu melakukan analisa resiko dengan mengidentifikasi *hazard*, menentukan parameter probabilitas (PoF) dan konsekuensi kegagalan (CoF) pipa serta melakukan perhitungan resiko *qualitative* sehingga dapat mengetahui profil resiko sepanjang pipa dan akibatnya terhadap orang, lingkungan, aset, serta reputasi pada perusahaan.

Selain itu Terdapat beberapa penelitian analisa resiko operasi menggunakan metode *HAZOP Analysis* seperti jurnal Teknologi dari Silvianita *et al.*(2014) bertema *Operational Risk Assessment Framework of Mobile Mooring System*. Namun dalam jurnal ini membahas tentang studi kasus *Mooring System*. Sedangkan pada penelitian tugas akhir ini akan menggunakan studi kasus *pipeline*.

#### **2.2 Risiko**

##### **2.2.1 Definisi Risiko**

Definisi risiko menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah akibat yang kurang menyenangkan (merugikan, membahayakan)

dari suatu perbuatan atau tindakan. Menurut Arthur J. Keown (2000), risiko adalah prospek suatu hasil yang tidak disukai (operasional sebagai deviasi standar. Menurut Emmaett J. Vaughan dan Curtis M. Elliott (1990), risiko didefinisikan sebagai;

- a. Kans kerugian – *the chance of loss*
- b. Kemungkinan kerugian – *the possibility of loss*
- c. Ketidakpastian – *uncertainty*
- d. Penyimpangan kenyataan dari hasil yang diharapkan – *the dispersion of actual from expected result*
- e. Probabilitas bahwa suatu hasil berbeda dari yang diharapkan – *the probability of any outcome different from the one expected*

Risiko merupakan suatu keadaan adanya ketidakpastian dan tingkat ketidakpastiannya terukur secara kuantitatif (Djohanputro, 2008). Risiko didefinisikan sebagai kombinasi dari kemungkinan terjadinya kejadian berbahaya atau paparan dengan keparahan suatu cedera atau sakit penyakit yang dapat disebabkan oleh kejadian atau paparan tersebut. Oleh karena itu, perlu dilakukan identifikasi risiko, penilaian risiko, dan penetapan pengendalian yang diperlukan (OHSAS 18001:2007). Atau dapat diambil kesimpulan bahwa definisi risiko adalah suatu kondisi yang timbul karena ketidakpastian dengan seluruh konsekuensi tidak menguntungkan yang mungkin terjadi.

Dalam mengidentifikasi risiko, beberapa ahli membaginya menjadi beberapa kategori, di antaranya :

**Tabel 2.1** Kategori risiko

No	Kategori Risiko	Sumber Referensi
1	Risiko finansial dan ekonomi	Al Bahar dan Crandall, 1990
2	Risiko desain	
3	Risiko politik dan lingkungan	
4	Risiko yang berhubungan dengan	
5	konstruksi	
6	Risiko fisik Risiko bencana alam	
1	Risiko yang berhubungan dengan	Fisk, 1997
2	konstruksi	
3	Risiko fisik	
4	Risiko kontraktual dan legal	
5	Risiko pelaksanaan	
6	Risiko Ekonomi Risiko politik dan umum	
1	Risiko finansial	Shen, Wu, Ng, 2001
2	Risiko legal	
3	Risiko manajemen	
4	Risiko pasar	
5	Risiko politik dan kebijakan	
6	Risiko teknis	
1	Risiko teknologi	Loosemore, Raftery, Reilly, Higgon, 2006
2	Risiko manusia	
3	Risiko lingkungan	
4	Risiko komersial dan legal	
5	Risiko manajemen	
6	Risiko ekonomi dan finansial	
7	Risiko partner bisnis	
8	Risiko politik	

### 2.2.2 Identifikasi Risiko

Menurut Darmawi (2008), tahapan pertama dalam proses manajemen risiko adalah tahap identifikasi risiko. Identifikasi risiko merupakan suatu proses yang secara sistematis dan terus menerus dilakukan untuk mengidentifikasi kemungkinan timbulnya risiko atau kerugian terhadap kekayaan, hutang, dan personil perusahaan. Proses identifikasi risiko ini mungkin adalah proses yang terpenting, karena dari proses inilah, semua risiko yang ada atau yang mungkin terjadi pada suatu proyek, harus diidentifikasi.

Tujuan utama dalam identifikasi risiko adalah untuk mengetahui daftar–daftar risiko yang potensial dan berpengaruh terhadap



tujuan/proses suatu konstruksi. Pada tahap identifikasi risiko ini, dilakukan pencarian risiko-risiko beserta karakteristiknya yang dapat mempengaruhi pelaksanaan proyek konstruksi. Masih menurut Darmawi (2008), proses identifikasi harus dilakukan secara cermat dan komprehensif, sehingga tidak ada risiko yang terlewatkan atau tidak teridentifikasi. Berikut adalah teknik yang digunakan dalam mengidentifikasi risiko:

a. *Brainstorming*

Pada tahap ini dilakukan pendataan ide-ide semua kemungkinan risiko yang akan terjadi serta mengelompokkan risiko tersebut. Selain itu juga ditambahkan informasi mengenai masalah-masalah yang terjadi dan cara penanganannya.

b. *Interviewing*

Melakukan wawancara/*interview* terhadap para *stakeholder* untuk mendapatkan informasi terkait hal-hal yang akan dilakukan analisis

c. Penyebaran *Kuisisioner*

Teknik yang digunakan untuk mendapatkan masukan dari para ahli/pakar yang relevan dengan proyek. Ide-ide mengenai risiko yang akan timbul ditampung dalam kuisisioner kemudian para ahli/pakar diminta untuk memberikan pendapat dan komentar terhadap kuisisioner tersebut.

### 2.2.3 Penilaian Risiko

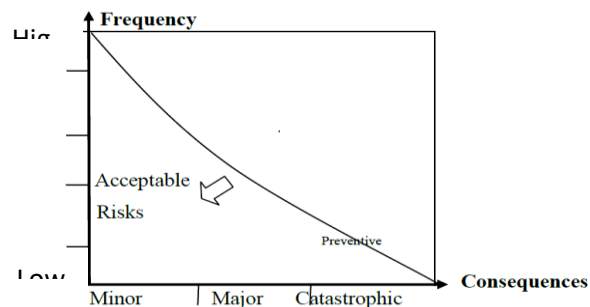
Penilaian Risiko adalah proses evaluasi risiko-risiko yang diakibatkan adanya bahaya-bahaya, dengan memperhatikan kecukupan pengendalian yang dimiliki, dan menentukan apakah risiko dapat diterima atau tidak (OHSAS 18001:2007). Menurut kalimat diatas dapat diketahui bahwa penilaian risiko merupakan proses mengevaluasi risiko yang timbul dari suatu bahaya, dengan memperhitungkan kecukupan pengendalian yang ada, dan menetapkan apakah risiko dapat diterima atau tidak.

Tujuan utama *risk assessment* adalah:

1) Meningkatkan kepedulian dan pemahaman adanya bahaya-bahaya yang terdapat dalam pengoperasian kapal oleh perancang kapal, operator, awak kapal dan orang-orang yang terlibat dalam keselamatan penangkapan ikan.

2) Menganalisa dan memverifikasi bahwa keselamatan berada pada tingkat yang diterima (*acceptable*) atau tidak diterima (*unacceptable*) dan mengidentifikasi opsi penurunan risiko kecelakaan yang efektif.

3. Menemukan pendekatan struktur untuk analisis secara sistimatis dari sistem teknik yang kompleks dari elemen-elemen: *operation, control, technique*, dan *environment*.



**Gambar 2.1** Matris Risiko F-N (Sumber: Paulsson, 1999)

*Risk* harus diturunkan dari *Unacceptable Risk* ke area *Acceptable Risk* melalui upaya preventif dan mitigasi. *Preventive risk control* dimaksudkan untuk menurunkan *probability (frequency)* kejadian kecelakaan, sedangkan *mitigating risk control* mengurangi tingkat *severity of the outcome* dari kejadian.

Setelah proses identifikasi semua risiko – risiko yang mungkin terjadi pada suatu proyek dilakukan, diperlukan suatu tindak lanjut untuk menganalisis risiko – risiko tersebut. Al Bahar dan Crandall (1990) mengemukakan bahwa, yang dibutuhkan adalah menentukan signifikansi atau dampak dari risiko tersebut, melalui suatu analisis probabilitas, sebelum risiko – risiko tersebut dibawa memasuki tahapan respon manajemen.

Menurut Al Bahar dan Crandall (1990), analisis risiko didefinisikan sebagai sebuah proses yang menggabungkan ketidakpastian dalam bentuk kuantitatif, menggunakan teori probabilitas, untuk mengevaluasi

dampak potensial suatu risiko. Langkah pertama untuk melakukan tahapan ini adalah pengumpulan data yang relevan terhadap risiko yang akan dianalisis. Data – data ini dapat diperoleh dari data historis perusahaan atau dari pengalaman proyek pada masa lalu.

Setelah data yang dibutuhkan terkumpul, selanjutnya dilakukan proses evaluasi atau penilaian risiko digunakan sebagai langkah saringan untuk menentukan tingkat risiko ditinjau dari kemungkinan kejadian (*likelihood*) dan keparahan yang dapat ditimbulkan (*severity*). Menurut Ramli(2010), berikut adalah tabel kategori kemungkinan terjadinya risiko (*likelihood*) dan tabel keparahan yang dapat ditimbulkan (*severity*):

**Tabel 2.2** Kemungkinan kejadian (*likelihood*)

Tingkat <i>likelihood</i>	Uraian	Definisi
0	Hampir pasti terjadi	Dapat terjadi setiap saat dalam kondisi normal
1	Sering terjadi	Terjadi beberapa kali dalam periode waktu tertentu
2	Dapat terjadi	Risiko dapat terjadi namun tidak sering
3	Kadang-kadang	Kadang-kadang terjadi
4	Jarang sekali terjadi	Dapat terjadi dalam keadaan tertentu

(Sumber: Ramli, 2010)

**Tabel 2. 3** Tingkat keparahan (*severity*)

Tingkat <i>Severity</i>	Uraian	Definisi
0	Tidak signifikan	Kejadian tidak menimbulkan kerugian atau cedera pada manusia
1	Kecil	Menimbulkan cedera ringan, kerugian kecil, dan tidak menimbulkan dampak serius
2	Sedang	Cedera berat dan dirawat dirumah sakit, tidak menimbulkan cacat tetap, dan kerugian finansial sedang
3	Berat	Menimbulkan cedera padah dan cacat tetap, kerugian finansial besar
4	Bencana	Mengakibatkan korban meninggal dan kerugian parah bahkan dapat menghentikan kegiatan

(Sumber: Ramli, 2010)

Data skala *likelihood* dan *severity* yang dikumpulkan dari kuesioner dianalisis menggunakan *Importance Index* (IMPI) yang terdiri dari *Likelihood Index* dan *Severity Index* (Long *et.al.*, 2008). Detail dari rumus adalah sebagai berikut :

$$\textbf{Importance Index (IMP.I)} = \textbf{L.I} \times \textbf{S.I} \quad (\textit{Pers. II.1})$$

*Frequency Index* (FI) menghasilkan Indeks frekuensi dari faktor-faktor risiko yang mempengaruhi kinerja kontraktor. Rumus *Likelihood Index* (L.I.) :

$$\textbf{L.I} = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i n_i}{4N} \times \textbf{100\%} \quad (\textit{Pers. II.2})$$

*Severity Index* menghasilkan indeks dampak tingkat keparahan dari faktor-faktor risiko yang mempengaruhi kinerja kontraktor. Rumus *Severity Index* (S.I.):

$$\textbf{S.I} = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i n_i}{4N} \times \textbf{100\%} \quad (\textit{Pers. II.3})$$

3  
Dimana:

$a$  = konstanta penilaian (0 s/d 4)

$n_i$  = probabilitas responden

$i$  = 0,1,2,3,4, ...n

$N$  = total jumlah responden

Klasifikasi ranking dari skala penilaian pada keparahan (Davis dan Cosenza,1988) adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.4** Klasifikasi keparahan (*Severity Index*)

No.	Kelas	Nilai
0	<i>Extremely Ineffective</i>	$0\% < \text{S.I} \leq 20\%$
1	<i>Ineffective</i>	$20\% < \text{S.I} \leq 40\%$
2	<i>Moderately Effective</i>	$40\% < \text{S.I} \leq 60\%$
3	<i>Very Effective</i>	$60\% < \text{S.I} \leq 80\%$
4	<i>Extremely Effective</i>	$80\% < \text{S.I} \leq 100\%$

(sumber: Davis dan Cosenza,1988)

Selanjutnya hasil penilaian kemungkinan dan konsekuensi yang diperoleh dimasukkan dalam tabel matriks risiko seperti yang terlihat pada tabel dibawah ini:

**Tabel 2.5** Matriks Risiko

Kemungkinan	Keparahan				
	Tidak Signifikan	Kecil	Sedang	Berat	Bencana
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
A	T	T	E	E	E
B	S	T	T	E	E
C	R	S	T	E	E
D	R	R	S	T	E
E	R	R	S	T	T

(Sumber: Ramli, 2010)

Keterangan:

E = Risiko Ekstrim - Kegiatan tidak boleh dilaksanakan atau dilanjutkan sampai risiko telah direduksi

T = Risiko Tinggi - Kegiatan tidak boleh dilaksanakan sampai risiko telah direduksi

S = Risiko Sedang - Perlu tindakan untuk mengurangi risiko, tetapi biaya pencegahan yang diperlukan harus diperhitungkan dengan teliti dan dibatasi

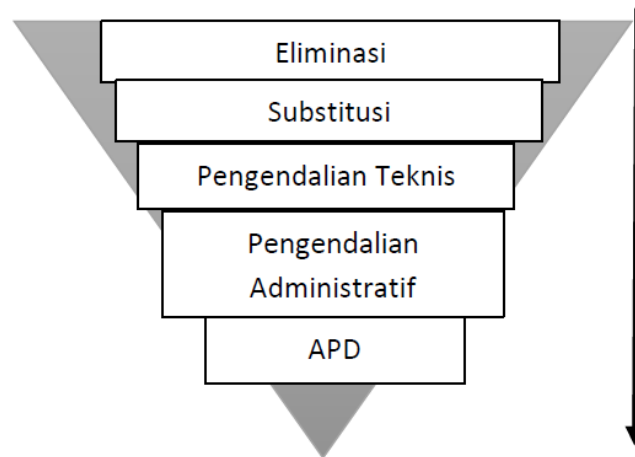
R = Risiko Rendah – Risiko dapat diterima pengendalian tambahan tambahan tidak diperlukan

#### 2.2.4 Pengendalian Resiko

Pengendalian risiko dilakukan terhadap seluruh bahaya yang ditemukan dalam proses identifikasi bahaya dan mempertimbangkan peringkat risiko untuk menentukan prioritas dan cara pengendaliannya. Pengendalian risiko dapat dilakukan dengan beberapa pilihan yaitu:

- a. Mengurangi Kemungkinan (*Reduce Likelihood*)
- b. Mengurangi Keparahan (*Reduce Consequence*)
- c. Pengalihan Risiko Sebagian atau Seluruhnya (*Risk Transfer*)
- d. Menghindar dari Risiko (*Risk Avoid*)

Dalam menentukan pengendalian risiko harus memperhatikan hierarki pengendalian bahaya seperti yang terlihat pada gambar sebagai berikut:



**Gambar 2.2** Hirarki pengendalian risiko (*Sumber: Ramli, 2010*)

Keterangan:

- Eliminasi adalah teknik pengendalian dengan menghilangkan sumber bahaya.
- Substitusi adalah teknik pengendalian bahaya dengan mengganti alat, bahan, sistem, atau prosedur yang berbahaya dengan yang lebih aman atau yang lebih rendah bahayanya.
- Pengendalian Teknis adalah teknik pengendalian peralatan atau sarana teknis yang ada di lingkungan kerja.
- Pengendalian Administratif adalah pengendalian bahaya dengan mengatur jadwal kerja, istirahat, cara kerja, atau prosedur kerja yang lebih aman, rotasi atau pemeriksaan kesehatan.
- Penggunaan alat pelindung diri (APD) adalah teknik pengendalian bahaya dengan memakai alat pelindung diri misalnya pelindung kepala, sarung tangan, pelindung pernafasan, pelindung jatuh, dan pelindung kaki.

### **2.2.5 Jenis-Jenis Resiko**

Menurut Charette (Rico, 2015:5), resiko dapat dikategorikan menjadi beberapa jenis, yaitu:

#### **1. Resiko yang sudah diketahui**

Resiko yang dapat diungkapkan setelah dilakukan evaluasi secara hati-hati terhadap rencana proyek, bisnis dan lingkungan teknik dimana proyek sedang dikembangkan, serta sumber informasi reliable lainnya, seperti:

- a) Tanggal penyampaian yang tidak realitis
- b) Kurangnya persyaratan-persyaratan yang terdokumentasi
- c) Kurangnya ruang lingkup
- d) Lingkungan pengembang yang buruk

#### **2. Resiko yang diramalkan**

Disekstrapolasi dari pengalaman proyek sebelumnya, misalnya:

- a) Pergantian staf
- b) Komunikasi yang buruk dengan para pelanggan
- c) Mengurangi usaha staf bila permintaan pemeliharaan sedang berlangsung dilayani.

#### **3. Resiko yang tidak diketahui**

Resiko ini dapat benar-benar terjadi, tetapi sangat sulit untuk diidentifikasi sebelumnya.

## **2.3 Definisi Kegagalan**

### **2.3.1 Analisis Kegagalan**

Analisa kegagalan merupakan suatu proses kritis dalam menentukan akar penyebab masalah secara fisik. Salah satu faktor penting yang merupakan kunci keberhasilan dalam melakukan analisa kegagalan adalah menjaga pikiran secara terbuka selama pengujian dilakukan dan menganalisa temuan yang berkembang secara jernih dan berpandangan tidak bias terhadap kegagalan yang terjadi. Kolaborasi antar ahli dengan

beragam disiplin ilmu yang berbeda sangat diperlukan. Hal tersebut bertujuan untuk mengintegrasikan analisa yang dilakukan terhadap bukti dengan pemahaman secara kuantitatif terhadap latar belakang informasi pada tahap perancangan, proses manufaktur, dan sejarah penggunaan dari produk atau sistem yang gagal.

Secara umum kualitas produk atau sistem yang baik dalam merespons tuntutan pelanggan yang tinggi meliputi : tingkat keamanan penggunaan yang lebih tinggi, memperbaiki tingkat kehandalan, unjuk kerja yang lebih baik, efisiensi yang lebih besar, pemeliharaan yang lebih mudah, *life cycle cost* yang lebih rendah, dan mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan.

Kegagalan yang terjadi dapat mengakibatkan kematian, luka pada orang, kerusakan pada hak milik, tidak beroperasinya pabrik, rugi dalam berproduksi, masalah ekologi berupa terkontaminasinya lingkungan, perkara yang mahal dan berkepanjangan yang diakibatkan karena kredibilitas pabrik pembuat dan keandalan produk yang dibuat.

### 2.3.2 Jenis Kegagalan

Umumnya, suatu komponen dapat dipertimbangkan mengalami kegagalan jika komponen tersebut tidak berfungsi sesuai dengan yang diharapkan secara efisien. Bentuk umum kegagalan mekanik adalah sebagai berikut:

1. ***Yielding*** komponen akibat pembebanan statik. *Yielding* yang terjadi menyebabkan deformasi plastis yang mungkin diakibatkan oleh kondisi *misalignment* atau terjadinya gangguan pada pergerakan mekanik.
2. ***Buckling***, yang terjadi pada struktur kolom ramping pada saat menerima beban tekan, atau pada pipa berdinding tipis pada saat menerima beban torsi.
3. ***Creep failure***, yang terjadi pada saat *creep strain* melebihi toleransi yang diijinkan dan menyebabkan interferensi diantara



komponen. Pada kasus yang sangat ekstrim, kegagalan terjadi melalui *rupture* yang terjadi pada komponen yang mengalami *creep*. Pada sambungan baut dan penggunaan yang serupa, kegagalan dapat terjadi pada saat tegangan awal dikendorkan di bawah batas yang diijinkan, sehingga sambungan menjadi kendor atau terjadinya kerusakan.

4. ***Wear failure***, yang dapat terjadi pada komponen dimana mengalami gerakan relatif satu sama lainnya. Keausan yang berlebihan dapat mengakibatkan kelonggaran bantalan menjadi di luar toleransi yang diijinkan dan gerakan menjadi tidak teliti. Jenis *wear failure* yang lainnya adalah *galling* dan *seizure* pada komponen.
5. ***Fracture failure*** yang diakibatkan pembebanan statis berlebih. Jenis kegagalan ini dapat dipertimbangkan sebagai tingkat akhir dari kegagalan akibat *yielding*. Kegagalan dapat terjadi pada material ulet dan getas.
6. ***Fatigue fracture*** akibat tegangan berlebih, cacat pada material, atau tegangan yang naik. Biasanya kegagalan jenis ini terjadi secara tiba-tiba tanpa gejala visual yang tampak.
7. Kegagalan disebabkan efek **kombinasi tegangan dan korosi**, yang umumnya terjadi melalui *fracture* yang diawali dengan retak pada titik konsentrasi tegangan. Sebagai contoh *caustic cracking* di sekitar lubang rivet pada boiler.
8. ***Fracture karena beban kejut***, yang umumnya terjadi melalui pecah/belah pada material getas. Sebagai contoh pada baja di bawah transisi temperatur getas-ulet, dan pada plastik di bawah temperatur transisi kaca.

## **2.4 HAZOP (Hazard and Operability) Analysis**

### **2.4.1 Latar Belakang HAZOPS**

Asal-usul studi *hazops* berada di ICI pada tahun 1960-an. Dengan menggunakan beberapa metode, ada lebih dari satu sumber yang dapat

mengklaim yang mempunyai pengaruh dalam perkembangan *hazops*. Perkembangan dari *hazops* telah diberikan oleh Kletz (1986d) dan pada *Chemetics Manual* (Knowlton, 1992). Metode yang akhirnya berkembang menjadi *hazops*, dikembangkan pada saat aplikasi metode penelitian, termasuk pemeriksaan kritis, sedang melakukan eksplorasi. Ruang lingkup kerja di Divisi Kimia Organik Berat dari ICI (Binsted, 1960) dan di Divisi Mond (Elliott dan Owen, 1968) menggambarkan perkembangan *hazops* dalam hal pemeriksaan kritis. Di Amerika Serikat, teknik *hazops* sudah merupakan standard untuk menganalisis bahaya yaitu dalam *American Petroleum Institute (API) Recommended Practice (RP) 750*

#### **2.4.2 Pengertian HAZOPS**

*Hazops* singkatan dari *Hazard and Operability Study*, yang merupakan metode yang direkomendasikan untuk mengidentifikasi bahaya dan masalah yang dapat mencegah operasional menjadi efisien (Kletz, 2001). *Hazops* merupakan usaha untuk mengidentifikasi bagaimana sebab dan akibat dari suatu unit proses bila menyimpang dari rancang bangun/desain. Dengan kata lain salah satu bahaya akan terjadi bila proses menyimpang dari desain, Jika proses terkontrol sesuai dengan batasan desain, maka bahayanya dapat dikurangi. Konsep dasar dari studi *hazops* adalah untuk mengambil semua gambaran/deskripsi proses dan untuk memberikan pertanyaan kepada setiap bagian dari proses untuk menemukan penyimpangan apa yang dapat terjadi dari tujuan desain, dan apa penyebab dan konsekuensi yang mungkin terjadi dari deviasi tersebut. Ini dilakukan secara sistematis dengan menerapkan *guidewords* yang cocok. Jadi fitur terpenting dari penelitian ini adalah:

- Maksud dan tujuan desain
- Penyimpangan yang terjadi dari tujuan
- Penyebab terjadinya penyimpangan
- Konsekuensi

- Bahaya
- Kesulitan operasional

Teknik *hazops* menggunakan pendekatan dengan kata penunjuk (*guide word*) dan dapat juga menggunakan gabungan *guide word* dengan parameter. Keistimewaan yang penting dari *hazops* yaitu digunakannya team dan narasumber. Team adalah gabungan dari beberapa personil dengan pengalaman dan pengetahuan yang cukup. Kegiatan *hazops* tidak sama dengan penelaahan P&ID (*P&ID Review*). *P&ID Review* adalah menekankan bahwa desain telah sesuai dengan instrumentasi, perpipaan, material dan lain-lain sebagaimana diperlukan untuk mengoperasikan unit proses tanpa meninjau bagaimana sistem itu bekerja. Team *hazops* mengoreksi sistem, yang dioperasikan sesuai dengan desain pada operasi normal dan juga meninjau bentuk penyimpangan yang dapat terjadi. Jadi *hazops* mencakup dua aspek yaitu keselamatan dan operasi.

#### **2.4.3 Jenis-Jenis HAZOP**

1. Process *hazop*, yang dikembangkan untuk menilai system proses dan pabrik.
2. Human *hazop*, lebih fokus pada kesalahan manusia dari pada kegagalan teknik.
3. Procedure *hazop*, meninjau kemabali urutan operasi dan cara kerja yang biasanya dinyatakan sebagai opsai pembelajaran *SAFOP-SAFe*.
4. Software *hazop*, mengidentifikasi kemungkinan kesalahan-kesalahan dalam pengembangan perangkat lunak.

#### **2.4.4 Keutamaan HAZOP**

Ada beberapa keutamaan atau keuntungan dari teknik *hazops* yaitu :

1. Relatif sangat mudah dipelajari
2. Memacu kreatifitas dan mengembangkan ide-ide penilai
3. Sangat sistematis, teliti dan lengkap

4. Cocok untuk mengidentifikasi bahaya pada proses yang sangat kompleks
5. Telah diterima secara luas sebagai salah satu metode identifikasi bahaya

#### **2.4.5 Keterbatasan Teknik HAZOP**

Keterbatasan teknik *hazops* antara lain :

1. Sangat tergantung pada akurasi gambar PFD dan P&ID dan data
2. Tergantung pada kemampuan teknis anggota penilai atau narasumber
3. Perlu waktu yang relatif panjang

#### **2.4.6 Metodologi HAZOP**

Dasar dalam teknik studi hazop adalah untuk mengidentifikasi bagaimana suatu proses dapat menyimpang dari yang dimaksudkan (design intent). Suatu bahaya diasumsikan akan terjadi, hanya apabila terjadi penyimpangan proses dari desain. Apabila proses dapat dikendalikan dalam limit desainnya, tidak akan terjadi bahaya. Penekanan dalam studi *hazop* adalah mengidentifikasi bahaya yang berpotensi (*potential hazard*), dan bukan mencari solusi untuk menguranginya. Teknik ini merupakan pendekatan yang mengarah kepada kecukupan dari suatu desain dan bukan untuk mencari desain alternatifnya. Dalam melaksanakan studi “HAZOP” perlu selalu dilakukan penekanan, bahwa yang sedang dilakukan adalah identifikasi bahaya dan bukan Problem Solving. Metodologi Studi Hazop adalah sebagai berikut :

##### **1. Pembentukan dan Penunjukan Team Studi**

Dalam melaksanakan studi harus dibentuk suatu Team. Penanggung jawab dari studi adalah *Project Engineer*, *Commissioning Manager*, Divisi Operasi, *HSE Representative*, *Control System Design Engineer*, *Team Leader*, dan sekretaris

yang ditunjuk secara resmi oleh Manajemen Puncak dan diberikan tugas dan wewenang yang cukup untuk melaksanakan kajian sesuai lingkup proyek.

## **2. Pelaksanaan Studi & Diskusi**

Penilaian dilakukan dengan cara mendiskusikan secara sistematis mulai dari memilih dan menetapkan setiap Study NODE dan dilanjutkan dengan mengaplikasikan Guide Words dan Parameter proses pada setiap NODE untuk mencari deviasi dari design intent atau kondisi proses yang normal. Selanjutnya dinilai dan dievaluasi penyebab deviasi/cause dan diikuti dengan mengevaluasi dampak/Consequences serta apakah tersedia pengaman/Safeguard. Dari hasil evaluasi ini ditetapkan kategori Hazard atau Operability-nya, kemudian ditentukan cara-cara yang dapat dipilih untuk mengendalikan, mengeliminasi atau mengurangi, berupa Recommendation dan Department/Fungsi mana dalam Organisasi yang harus melaksanakan rekomendasi tersebut untuk dicatat pada kolom Action by.

## **3. Pemilihan Study NODES**

NODE digunakan untuk mengorganisasikan studi Hazop untuk memfokuskan studi pada suatu bagian dari proses. Tergantung dari kompleksitas proses NODE dapat berupa satu sistem atau bagian dari sistem. Dalam studi HAZOPS satu P&ID dapat terdiri dari satu atau lebih NODES.

## **4. Penggunaan (aplikasi) GUIDE WORDS**

Guide Word digunakan secara runtut yang digabungkan dengan parameter proses yang sesuai untuk NODE yang dinilai, dengan urutan *GUIDE WORD* dan Parameter Proses sebagai berikut:

**Tabel 2.6 Guide Word**

Guide Word	Meaning
No	The design intent does not occur (e.g., Flow/No), or the operational aspect is not achievable (Isolate/No).
Less	A quantitative decrease in the design intent occurs (e.g., Pressure/Less).
More	A quantitative increase in the design intent occurs (e.g., Temperature/More).
Reverse	The opposite of the design intent occurs (e.g., Flow/Reverse).
Also	The design intent is completely fulfilled, but in addition some other related activity occurs (e.g., Flow/Also indicating contamination in a product stream, or Level/Also meaning material in a tank or vessel that should not be there).
Other	The activity occurs, but not in the way intended (e.g., Flow/Other could indicate a leak or product flowing where it should not, or Composition/Other might suggest unexpected proportions in a feedstock).
Fluctuation	The design intention is achieved only part of the time (e.g., an air lock in a pipeline might result in Flow/Fluctuation).
Early	The timing is different from the intention. Usually used when studying sequential operations, this would indicate that a step is started at the wrong time or done out of sequence.
Late	Same as for Early.
As well as (more than)	An additional activity occurs.
Part of	Only some of the design intention is achieved.
Reverse	Logical opposite of the design intention occurs.
Where else	Applicable for flows, transfers, sources, and destinations.
Before/after	The step (or some part of it) is effected out of sequence.
Faster/slower	The step is done/not done with the right timing.
Fails	Fails to operate or perform its intended purpose.
Inadvertent	Function occurs inadvertently or prematurely (i.e., unintentionally).

(sumber : Ericson, 2005)

**Tabel 2.7 PARAMETER**

• Flow (gas, liquid, electric current)	• Temperature
• Pressure	• Level
• Separate (settle, filter, centrifuge)	• Composition
• Reaction	• Mix
• Reduce (grind, crush, etc.)	• Absorb
• Corrode	• Erode
• Isolate	• Drain
• Vent	• Purge
• Inspection, surveillance	• Maintain
• Viscosity	• Shutdown
• Instruments	• Startup
• Corrosion	• Erosion
• Vibration	• Shock
• Software data flow	• Density

(sumber : Ericson, 2005)

## **5. Deviasi (Deviation)**

Deviasi adalah kombinasi antara Guide Word yang digunakan dengan Parameter Proses yang relevant terhadap Study Node yang dinilai, seperti:

- No Flow
- Low Level
- High Pressure
- Reverse Flow

## **6. Penilaian/evaluasi penyebab (causes) Deviasi**

Karena deviasi yang diperkirakan bisa banyak sekali, dalam assessment hanya dipertimbangkan yang meaningfull saja. Meaningfull Deviation adalah deviasi yang penyebabnya realistis, yang dapat menimbulkan konsekuensi yang berarti.

## **7. Evaluasi dampak & safeguard**

Setiap deviasi yang memiliki penyebab realistis, semua dampak yang mungkin dapat diakibatkannya harus dinilai. Pada langkah ini interaksi antar anggota team menjadi sangat esensial. Semua dampak langsung maupun tidak langsung harus benar-benar dipertimbangkan. Selain itu harus pula didiskusikan dan didokumentasikan semua safeguard yang dapat mencegah terjadinya event, atau dapat mengendalikan dampak, apabila terjadi. Apabila diperlukan tambahan informasi, atau team tidak yakin tentang konsekuensi apa yang mungkin dapat terjadi, hal ini harus dicatat untuk dilakukan investigasi (sebagai pelengkap studi), dan assessment dapat dilanjutkan, agar tidak terhenti. Penetapan setting nilai/skala dari safeguard antara lain safety alarm, safety valve, dll pada unit dalam fasilitas proses produksi minyak dan gas diatur tidak melebihi tekanan operasional maksimum yang diijinkan lebih dari 3% dan batasnya tidak melebihi 10%. (ASME, 2007).

## **8. Kategori**

Tetapkan jenis dari deviasi ini menurut akibat atau pengaruh yang ditimbulkan oleh terjadinya deviasi. Kategori dapat salah satu dari pilihan berikut:

- Hazard (H)
- Operability Problems (O)
- Hazard & Operability Problem (H / O)

## **9. Rekomendasi (Recommendation)**

Tindakan yang disarankan untuk dilakukan untuk mengurangi atau mengendalikan (mitigasi) terhadap hazard (potential hazard). Pada tahap ini masukan dari semua dicip line, baik dari segi penguasaan Standards, Peraturan, Practices dan pengalaman (expertise) semua anggota Team dibutuhkan agar dapat memberikan rekomendasi yang berbobot (sound recommendation). Perlu ditekankan bahwa rekomendasi berdasarkan hasil studi ini bersifat kualitatif, mengingat penekanan dari Studi Hazop adalah mengidentifikasi adanya Hazard, maupun masalah operabilitas.



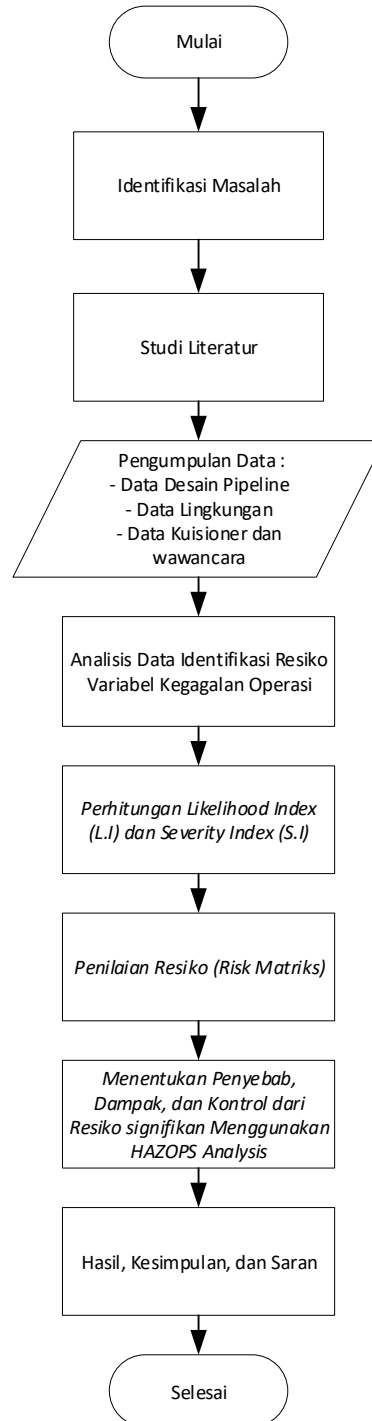
(Halaman ini sengaja di kosongkan.)

## BAB III

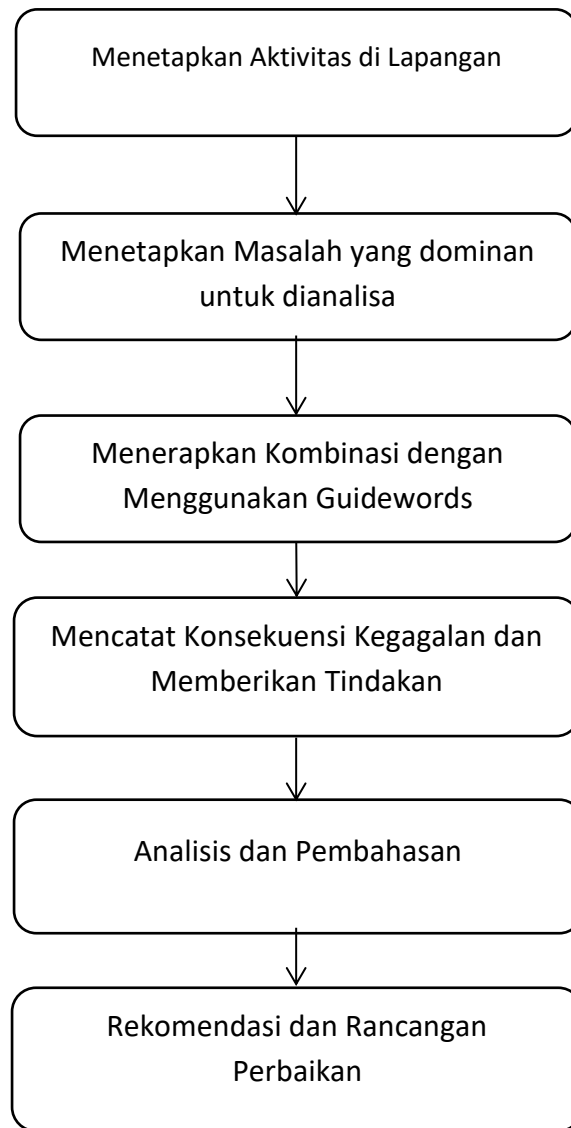
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada Tugas Akhir ini digambarkan dalam diagram alir dibawah ini :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.2 Diagram Alir *HAZOP Analysis*

### 3.2 Prosedur Penelitian

Tahapan-tahapan dalam melaksanakan penelitian atau analisis pada Tugas Akhir ini meliputi:

#### 1. Identifikasi Masalah

Identifikasi Masalah dilakukan untuk mengidentifikasi topik atau kasus yang telah ditentukan. Kemudian menentukan perumusan masalah dan tujuan penelitian dengan cara mencari rumusan masalah apa yang ingin dibahas dan menentukan tujuan dari penelitian ini yang disertakan diskusi dengan dosen pembimbing.

#### 2. Studi Literatur

Studi literatur ini akan dilakukan dengan mencari, mempelajari, serta memahami laporan tugas akhir, buku-buku, dan jurnal yang berkaitan dengan rumusan masalah tugas akhir ini. Literatur ini juga dapat digunakan sebagai acuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Adapun studi yang diperlukan sebagai berikut:

- a. Studi mengenai analisis risiko
- b. Studi mengenai penyebab dan dampak kegagalan operasi
- c. Studi mengenai proses operasi *onshore pipeline*

#### 3. Pengumpulan Data

Pengumpulan data ini bertujuan untuk memenuhi data apa saja yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Data-data berikut meliputi:

##### a. Data Desain *Pipeline*

Data desain *pipeline* yang akan digunakan adalah data desain *pipeline* milik PT. TOTAL E&P INDONESIA Balikpapan;

##### b. Data lingkungan

Data lingkungan berupa data gelombang, data angin dan data arus. Data lingkungan ini akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan keadaan cuaca disekitar *pipeline*;

##### c. Data variabel kegiatan

Data ini didapatkan melalui diskusi atau wawancara dengan pihak perusahaan untuk menentukan variabel kegiatan yang memiliki potensi bahaya;

d. Data kuesioner

Data ini didapatkan melalui penyebaran kuisisioner terhadap responden yang telah dipilih untuk mendapatkan nilai kemungkinan kejadian(*likelihood*) dan keparahan (*severity*);

4. Analisis data dan identifikasi variabel risiko

Setelah mendapatkan data yang dibutuhkan. Selanjutnya dilakukan analisis data dengan cara membuat daftar variabel risiko dari setiap kegiatan dan melakukan diskusi atau wawancara untuk memvalidasi daftar variabel risiko tersebut ke pihak perusahaan.

5. Penilaian Risiko (*risk matrix*)

6. Analisis menggunakan *HAZOP Analysis*

- a. Menetapkan aktivitas apa saja yang terjadi di lapangan pada saat pipa beroperasi
- b. Menetapkan masalah atau penyebab apa saja yang dominan terhadap kegagalan operasi pipa
- c. Menerapkan kombinasi yang ada pada *Guidewords*
- d. Mencatat konsekuensi kegagalan dan memberikan tindakan
- e. Analisis dan pembahasan
- f. Pemberian rekomendasi dan saran

7. Kesimpulan dan Saran

## BAB IV

### ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

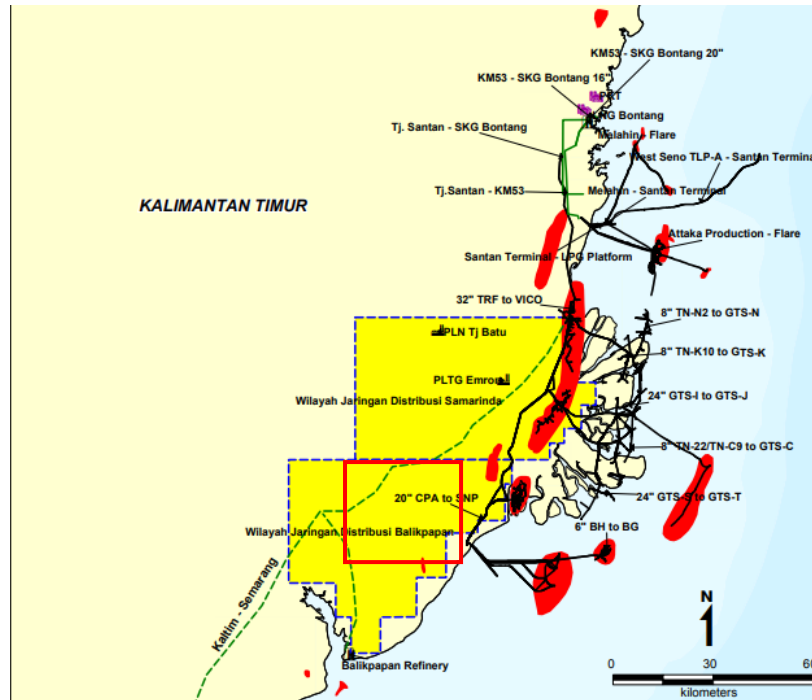
#### 4.1 Pengumpulan Data

##### 4.1.1 Data Pipeline

Dalam tugas akhir ini dibahas pipa milik PT. X yang berada di darat, yang menghubungkan antara CPA sampai dengan SNP dengan keadaan pipa yang berada diatas permukaan terhadap kegagalan-kegagalan pada saat pipa beroperasi. Berikut data desain dan lokasi pipa tersebut :

**Tabel 4.1** Data Desain Pipeline

Data Pipeline	
Location	Handil
Design Code	SNI 13-3473 / ASME B 31.4
Type	Gathering Line
Contractor	-
Material	API 5L Gr B
OD	12" (304.8 mm)
Wall Thickness	12.7 mm
Length	1284 m
Service	Oil
External Corrosion System	Sacrificial Anode
Design Life	25 years
Years Built	1982
Years Use	1982
Class Location	1 Div 2
Design Factor	pipeline 0.72 river 0.6
Design Pressure	103.4 barg
Operating Pressure	7 barg
MAOP	75 barg
Hydrotest pressure	129.25 barg
Design Temperature	95 °C
Max. Operating Temperature	45 °C
Corrosion Allowance	2mm



Gambar 4.1 Peta Lokasi *Pipeline*

(sumber : [http://migas.esdm.go.id/uploads/regulasi/profil\\_peraturan\\_237.pdf](http://migas.esdm.go.id/uploads/regulasi/profil_peraturan_237.pdf))

## 4.2 Identifikasi Resiko

### 4.2.1 Identifikasi Resiko

Langkah pertama penelitian ini adalah dengan mengidentifikasi *hazard* dari kegagalan operasi yang ada pada *onshore pipeline* yang sedang beroperasi. Identifikasi *hazard* dilakukan dengan cara melakukan diskusi atau wawancara langsung dengan praktisi, akademisi, ataupun ahli yang telah berpengalaman dalam bidang konstruksi bangunan laut khususnya pada *operation pipeline* untuk mendapatkan variabel *hazard* pada saat *onshore pipeline* beroperasi. Berikut hasil identifikasi *hazard* terdapat pada tabel 4.2 dibawah ini :

**Tabel 4.2** Variabel *Hazard*

No	Faktor Kegagalan	<i>Potential Hazard</i>	Kode
1	Natural Hazards	Korosi Eksternal	1.1
		Erosi	1.2
		Gempa Bumi	1.3
2	Mandmade Hazards	Yield Failure	2.1
		Operator Error	2.2
		Korosi Internal	2.3
		Ledakan dan Kebakaran	2.4
		<i>Fatigue Damage</i>	2.5
		Poor Quality Control	2.6
		Local Buckling	2.7
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak	3.1
		Pencurian Minyak	3.2
		Kapal Nelayan menabrak pipa	3.3
		Pohon Tumbang	3.4

#### 4.2.2 Resiko Kegagalan Operasi

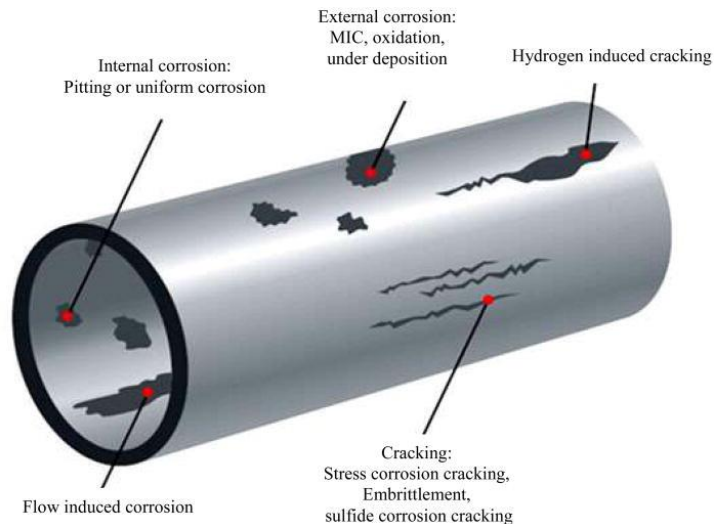
Pada saat pipa beroperasi terdapat faktor-faktor penyebab terjadinya suatu pipa mengalami kebocoran. Faktor penyebab kegagalan operasi pipa mengalami kebocoran dapat disebabkan karena faktor alam ( *Natural Hazard* ), dan faktor yang disebabkan oleh manusia ( *Manmade Hazard* ) dan faktor dari luar ( *External Hazard* ). Berikut penjelasan mengenai resiko-resiko kegagalan operasi *pipeline* diantaranya :



a. *Natural Hazard*

1. *External corrosion*

Korosi eksternal merupakan korosi yang terjadi pada bagian permukaan dari sistem perpipaan dan peralatan, baik yang kontak dengan udara bebas dan permukaan tanah, akibat adanya kandungan zat asam pada udara dari tanah. Korosi eksternal merupakan korosi yang terjadi pada bagian permukaan dari sistem perpipaan dan peralatan, baik yang kontak dengan udara bebas dan permukaan tanah, akibat adanya kandungan zat asam pada udara dari tanah.



Gambar 4.2 Contoh pipa terkena korosi eksternal

Untuk menekan perkembangan laju proses korosi eksternal dapat dilakukan proses *coating* atau pelapisan. Selain itu *Cathodic protection system* juga menjadi salah satu bagian tindakan pencegahan terhadap laju korosi eksternal.

2. Erosi

Erosi adalah peristiwa pengikisan padatan (sedimen, tanah, batuan, dan partikel lainnya) akibat transportasi angin, air atau es, karakteristik hujan, creep pada tanah dan material lain di bawah pengaruh gravitasi, atau oleh makhluk hidup semisal hewan yang

membuat liang, dalam hal ini disebut bio-erosi. Erosi tidak sama dengan pelapukan akibat cuaca, yang mana merupakan proses penghancuran mineral batuan dengan proses kimiawi maupun fisik, atau gabungan keduanya. Erosi sebenarnya merupakan proses alami yang mudah dikenali, namun di kebanyakan tempat kejadian ini diperparah oleh aktivitas manusia dalam tata guna lahan yang buruk, penggundulan hutan, kegiatan pertambangan, perkebunan dan perladangan, kegiatan konstruksi / pembangunan yang tidak tertata dengan baik dan pembangunan jalan.

Dalam hal ini erosi dapat menyebabkan jaringan pipa *onshore* yang terkubur ataupun tidak terkubur dapat terkena dampak dari erosi tersebut. Terjadinya erosi pada permukaan tanah menyebabkan pipa yang berada pada tanah dapat bergeser atau berpindah jalur dari jalur aslinya. Hal ini dapat menyebabkan dampak resiko terburuk yaitu terjadinya kebocoran karena pergeseran tanah tersebut.

### 3. Gempa Bumi

Gempa bumi adalah getaran atau getar getar yang terjadi di permukaan bumi akibat pelepasan energi dari dalam secara tiba-tiba yang menciptakan gelombang seismik. Gempa Bumi biasa disebabkan oleh pergerakan kerak Bumi (lempeng Bumi). Frekuensi suatu wilayah, mengacu pada jenis dan ukuran gempa Bumi yang di alami selama periode waktu.

Dalam hal ini jika pada daerah atau jalur pipa mengalami gempa bumi hal yang paling rawan terjadinya kebocoran pada pipa dikarenakan pipa mendapat benturan keras dari berbagai material yang ada disekitarnya. Pada variabel ini bisa dikatakan kecil kemungkinannya karena lempengan terdekat berada di Sulawesi. Jika terjadi gempa bumi daerah ini akan mendapatkan dampak yang kecil terhadap getarannya karena jarak yang jauh.

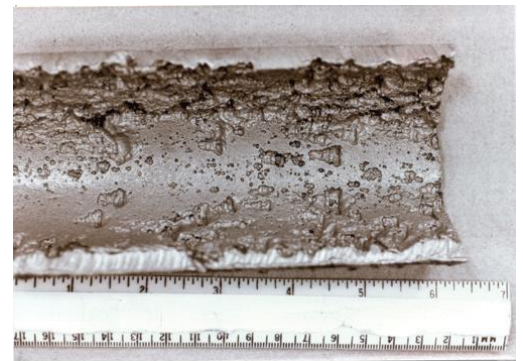
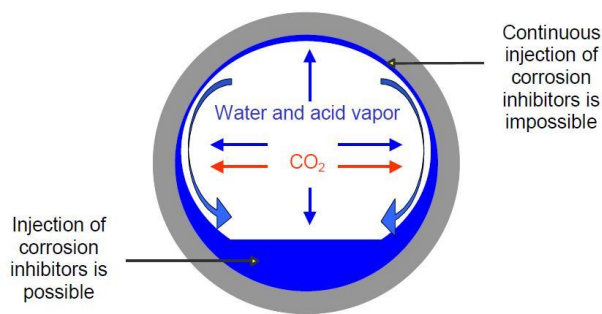
b. *Manmade Hazard*

1. Operator eror

Operator eror terjadi karena seorang operator yang lalai terhadap pekerjaannya. Hal ini dapat menyebabkan kegagalan operasi pada pipa apabila operator tidak dengan baik menjalankan tugasnya yang berakibat fatal pada operasi pipa.

2. *Internal Corrosion*

Korosi internal, korosi yang dipengaruhi oleh material yang disalurkan pipa tersebut yaitu berupa gas alam. Ada beberapa variable yang mempengaruhi kekorosifan gas alam tersebut, diantaranya kandungan CO<sub>2</sub> dan juga kandungan H<sub>2</sub>S pada gas alam.



Gambar 4.3 *Internal Corrosion Pipeline*

3. Ledakan dan kebakaran

Ledakan pada pipa yang dapat memicu terjadinya kebakaran ini dapat disebabkan oleh banyak faktor. Dibeberapa kasus ledakan terjadi karena pencurian oleh pihak tidak bertanggung jawab. Selain itu ledakan yang memicu kebakaran pipa ini disebabkan oleh penurunan tanah yang membuat pipa menjadi tidak stabil dan bergeser dan berakibat kebocoran yang dapat menimbulkan ledakan dan kebakaran. Tetapi diantara semua kasus yang membuat pipa meledak dan terbakar masalah utamanya adalah kebocoran pipa.



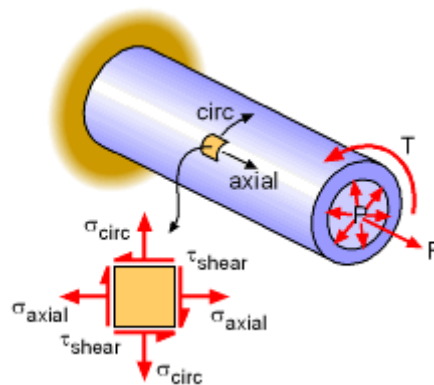
Gambar 4.4 Ledakan Pipa Minyak

#### 4. *Poor Quality Control*

*Poor Quality Control* ini disebabkan oleh kesalahan manusia sendiri. Kesalahan ini dikarenakan kurangnya pengawasan dan pengecekan terhadap jalur pipa yang dapat mengakibatkan faktor-faktor penyebab terjadinya kebocoran pipa. Kurangnya pengawasan dan pengecekan ini dapat dicegah dengan cara lebih disiplin waktu dan pekerjaan terhadap para pekerja itu sendiri sehingga hal-hal yang tidak diinginkan bisa dicegah atau tidak terjadi.

#### 5. *Local buckling*

*Local Buckling* adalah keadaan akhir dari jaringan pipa di bawah kondisi pemuatan kompleks yang disebabkan oleh penurunan tanah, gempa bumi dan tanah longsor. Deformasi bruto lokal di bagian yang berkerut dapat merusak kapasitas pemuatan muatan dan bahkan merusak integritas struktur saluran pipa. Kemajuan teknologi telah menghasilkan baja pipa berkekuatan tinggi yang banyak digunakan untuk transmisi gas alam jarak jauh. Namun, peningkatan rasio diameter / ketebalan dari baja pipa berkekuatan tinggi membuat jalur pipa semakin rentan terhadap kegagalan *local buckling*.



Gambar 4.5 *Local Buckling* pada *pipeline*

#### 6. *Yield Failure*

Resiko ini disebabkan karena stress yang berlebihan dalam rentang yang panjang. Jadi pada resiko ini sama seperti dengan *local buckling* bedanya *local buckling* hanya terjadi pada satu titik saja sedangkan *yield failure* hampir disemua bagian pipa mengalami stress. Biasanya terjadi pada lekukan pipa. Hal ini dapat menyebabkan pipa mengalami kebocoran karena tekanan berlebih yang terdapat pada fluida di dalam pipa.

#### 7. *Fatigue Damage*

Kerusakan fatigue terjadi akibat beban beban lingkungan terutama dari gelombang dan arus laut. Akibat beban lingkungan ini maka struktur pipa akan mengalami getaran yang cukup signifikan. Getaran yang terjadi tidak hanya akibat langsung dari gaya-gaya lingkungan primer seperti gelombang dan arus tetapi juga fenomena sekunder yang dapat menimbulkan getaran dengan frekuensi yang cukup signifikan. Getaran yang terjadi akibat peristiwa ini disebut getaran akibat vortex (Vortex Induced Vibration) yang sering disingkat dengan istilah VIV.

Dalam pipa *onshore* beban lingkungan bukan merupakan beban gelombang dan arus karena letaknya berada di atas permukaan. Beban lingkungan disini diubah dengan beban support dari pipa tersebut.

c. *External Hazard*

1. Pembukaan Lahan Tambak

Menurut beberapa pekerja dan Inspektor yang berpengalaman dan menangani lokasi di tempat tersebut menyebutkan bahwa di setiap jalur pipa terdapat jarak antara jalur satu dengan jalur yang lain. Pada jarak tersebut masyarakat menyalahgunakan lahan yang harusnya steril digunakan untuk membuat tambak. Hal ini dikarenakan area tersebut merupakan rawa-rawa yang dapat digunakan juga sebagai lahan tambak dadakan.

2. Pencurian Minyak

Pencurian Minyak dalam jalur pipa *onshore* sulit dipungkiri terhindar dari tangan orang tidak bertanggung jawab yang melakukan pencurian di titik-titik tertentu yang minim pengawasan. Menurut sumber yang sama hal ini terlihat diantisipasi oleh patroli oleh pihak keamanan perusahaan yang bekerja sama dengan TNI.

3. Kapal Nelayan Menabrak Pipa

Dalam hal ini dikarenakan lokasi pipa berdekatan dengan sungai atau lebih tepatnya berada disebelah sungai. Kapal nelayan berukuran kecil hingga sedang yang biasa beroperasi di sungai tersebut berpotensi menyebabkan tabrakan antara kapal nelayan dengan pipa yang berada pada jalurnya. Hal ini dapat menyebabkan pipa mengalami bengkok atau hal yang paling fatal terjadi adalah menyebabkan pipa bocor yang berakibat ledakan.

4. Pohon Tumbang

Dikarenakan lokasi pada jalur pipa ini berada di rawa-rawa atau biasa disebut *swamp area* terdapat pohon-pohon yang berada disekitar jalur-jalur pipa. Hal ini beresiko pohon tumbang ke arah pipa tersebut. Tumbangnya pohon dapat dipengaruhi oleh beberapa hal mulai dari umur pohon yang

sudah tua sehingga batangnya mulai lapuk. Selain itu pohon tumbang juga dapat disebabkan adanya angin kencang yang membuat akar pohon tidak kuat lagi menahan sehingga pohon tumbang. Hal ini beresiko menyebabkan pipa dapat mengalami kebocoran jika pohon yang tumbang berukuran besar.

#### 4.3 Analisa Menggunakan *Hazard and Operability Study (HAZOPS) Analysis*

Analisa *Hazop* berfungsi untuk mengetahui parameter, *guideword*, konsekuensi, penyebab dan hazard yang ditimbulkan dari masing-masing variabel resiko yang ada. Berikut ini adalah analisa dengan menggunakan *Hazop Analysis* pada setiap variabel resiko.

**Tabel 4.3** Analisa *Hazop*

No	Peristiwa	Kegunaan	Parameter	Guide word	Consequence	Cause	Hazard
1	Erosi	Mengurangi Pengikisan Tanah	Erosi	Also	Pipa dapat mengalami keretakan bahkan kebocoran	Pengikisan tanah oleh air hujan	Pipa Retak bahkan bocor
2.	Korosi Eksternal	Untuk mengurangi korosi	Suhu	Also	Bagian luar pipa mengalami korosi yang disebabkan oleh udara	Oksidasi dari udara dan zat asam tanah	Ketebalan pipa bagian luar menjadi berkurang
3.	Gempa Bumi	Meminimalisir dampak yang terjadi	Getaran	More	Pipa mengalami bengkok bahkan retak	Benda-benda asing berpotensi terkena pipa	Retaknya pipa dapat menyebabkan kebocoran

Tabel 4.3 Analisa *Hazop* (lanjutan)

No	Peristiwa	Kegunaan	Parameter	Guide word	Consequence	Cause	Hazard
4.	Korosi Internal	Mencegah berkurangnya wall thickness	Korosi	More	Ketebalan wall thickness berkurang	Kandungan dari fluida yang korosif	Pipa dapat mengalami kebocoran
5.	Operator Error	Meminimalisir human eror	Pengawasan	Less	Aliran tidak terkendali atau berjalan dengan semestinya	Operator lalai dalam menjalankan tugasnya	Dapat menyebabkan kegagalan operasi
6.	Poor Quality Control	Meminimalisir human eror	Pengawasan	Less	Dapat menyebabkan beberapa bagian tidak berjalan semestinya	Tidak dilakukan pengecekan secara berkala	Dapat menyebabkan kegagalan operasi
7.	Ledakan dan Kebakaran	Meminimalisir terjadinya ledakan dan kebakaran	Tekanan	More	Pipa bocor dan mengalami kebakaran	Tekanan dari dalam pipa	Kebakaran pipa
8	Yield Failure	Meminimalisir terjadinya pipa bengkok	Tekanan	More	Pipa dapat menyebabkan bengkok pada luasan yang lebih besar	Tekanan dari dalam dan luar pipa	Dapat menyebabkan kebocoran
9	Local Buckling	Mengurangi dampak terjadinya pipa mengalami buckling	Tekanan	More	Pipa mengalami bengkok pada satu titik	Tekanan dari dalam pipa	Dapat menyebabkan pipa bocor
10	Fatigue Damage	Mengurangi getaran berlebih	Getaran	More	Pipa mengalami fatigue dan menyebabkan kebocoran	Beban siklik seperti getaran karena fluida yang bergerak	Pipa bocor karena menerima beban berlebih



Tabel 4.3 Analisa *Hazop* (lanjutan)

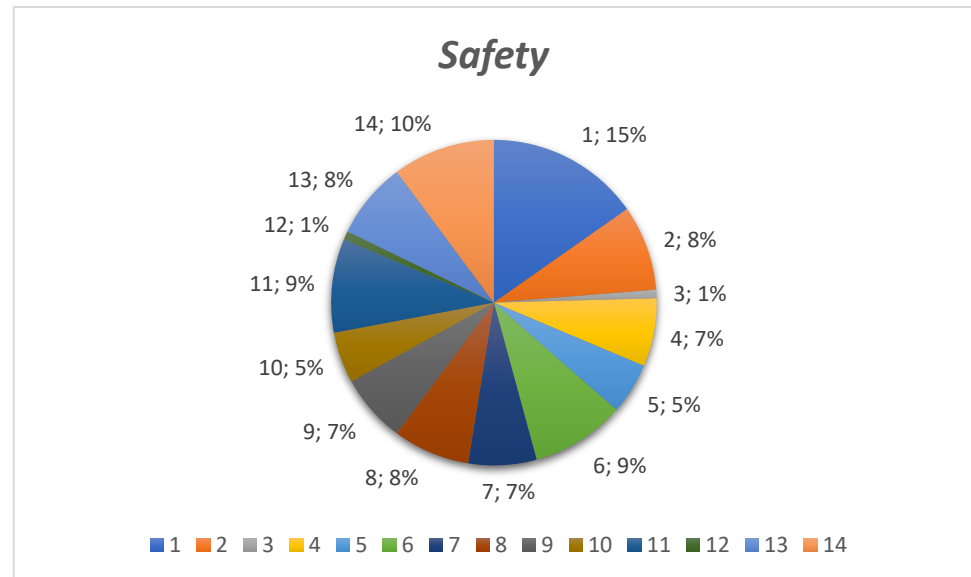
No	Peristiwa	Kegunaan	Parameter	Guide word	Consequence	Cause	Hazard
11	Pembukaan Lahan Tambak	Mencegah terjadinya pembukaan lahan tambak	Pengawasan	Other	Daerah jalur pipa menjadi tidak steril	Kurangnya penagwas-an	Kemungkinan terburuk pada saat membuka lahan baru beraikbat terkena pipa yang berdampak kebocoran
12	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	Mengurangi kejadian kapal menabrak pipa	Getaran	Other	Pipa mengalami bengkok bahkan retak	Kapal nelayan menabrak pipa	Retaknya pipa dapat menyebabkan kebocoran
13	Pohon Tumbang	Mencegah terjadinya pohon tumbang	Pemeliharaan	More	Pipa menjadi bengkok bahkan dapat beresiko bocor	Pohon tumbang menyebabkan pipa disampingnya menjadi bengkok	Pipa yang bengkok karena pohon tumbang dapat beresiko bocor
14	Pencurian Minyak	Meminimalisir tindak kejahatan pencurian	Pengawasan	Less	Masyarakat sekitar dapat mencuri minyak seenaknya	Kurangnya pengawas-an	Pencurian minyak dapat menyebabkan pipa bocor dan meledak

#### 4.4 Peluang Kegagalan Operasi

Perhitungan peluang kegagalan ini bertujuan untuk mengetahui berapa persen peluang kegagalan yang terjadi pada setiap resiko kegagalan operasi pada *onshore pipeline* yang sedang beroperasi. Perhitungan ini berdasarkan

hasil dari *likelihood* kuisioner yang telah disebar ke beberapa narasumber yang ahli di bidangnya. Berikut ini persentase kemungkinan kegagalan resiko pada setiap variabel berdasarkan tiap-tiap aspek.

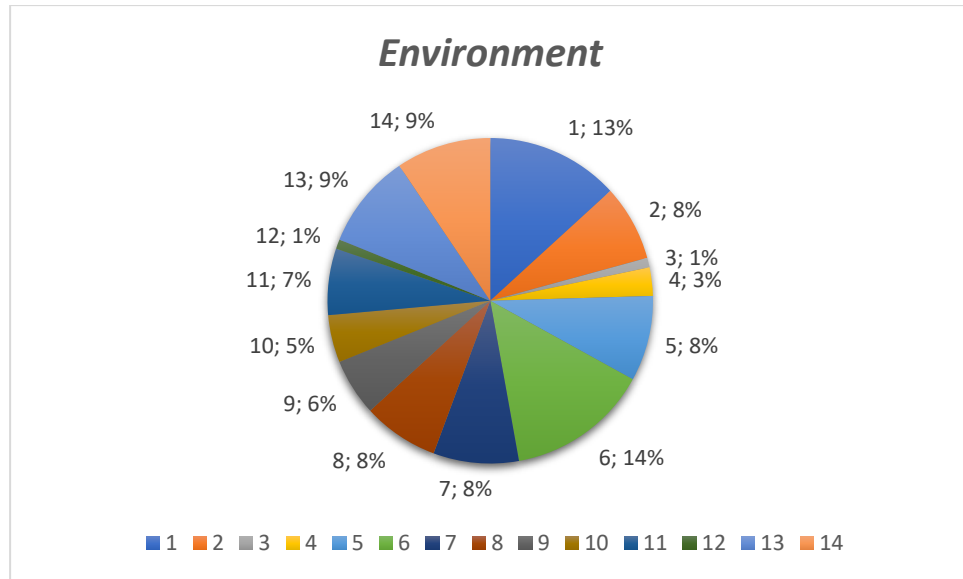
Gambar 4.6 Persentase Kegagalan Operasi pada Aspek *Safety*



Keterangan :

1. Korosi Eksternal	15%
2. Erosi	8%
3. Gempa Bumi	1%
4. <i>Yield Failure</i>	7%
5. Operator Error	5%
6. Korosi Internal	9%
7. Ledakan dan Kebakaran	7%
8. <i>Fatigue Damage</i>	8%
9. <i>Poor Quality Control</i>	7%
10. <i>Local Buckling</i>	5%
11. Pembukaan Lahan Tambak	9%
12. Pencurian Minyak	1%
13. Kapal Nelayan Menabrak Pipa	8%
14. Pohon Tumbang	10%

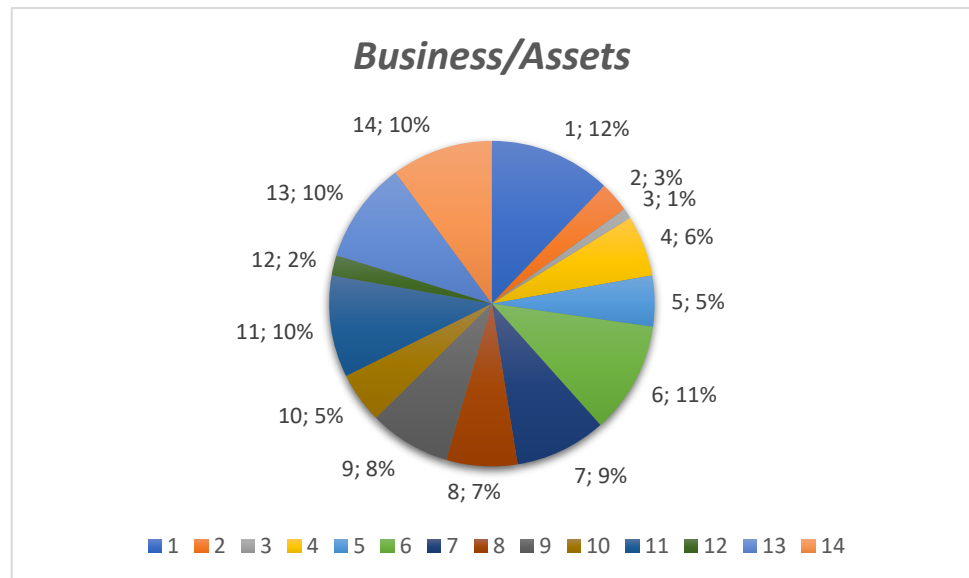
Gambar 4.7 Persentase Kegagalan Operasi pada Aspek *Environment*



Keterangan :

1. Korosi Eksternal	13%
2. Erosi	8%
3. Gempa Bumi	1%
4. <i>Yield Failure</i>	3%
5. Operator Eror	8%
6. Korosi Internal	14%
7. Ledakan dan Kebakaran	8%
8. <i>Fatigue Damage</i>	8%
9. <i>Poor Quality Control</i>	6%
10. <i>Local Buckling</i>	5%
11. Pembukaan Lahan Tambak	7%
12. Pencurian Minyak	1%
13. Kapal Nelayan Menabrak Pipa	9%
14. Pohon Tumbang	9%

Gambar 4.8 Persentase Kegagalan Operasi pada Aspek  
*Business/Assets*



Keterangan :

1. Korosi Eksternal	12%
2. Erosi	3%
3. Gempa Bumi	1%
4. <i>Yield Failure</i>	6%
5. Operator Error	5%
6. Korosi Internal	11%
7. Ledakan dan Kebakaran	9%
8. <i>Fatigue Damage</i>	7%
9. <i>Poor Quality Control</i>	8%
10. <i>Local Buckling</i>	5%
11. Pembukaan Lahan Tambak	10%
12. Pencurian Minyak	2%
13. Kapal Nelayan Menabrak Pipa	10%
14. Pohon Tumbang	10%

#### 4.5 Penyebaran Kuisioner *Likelihood* dan *Severity*

Untuk dapat menentukan besaran *likelihood* dan *severity* dilakukan penyebaran kuisioner terhadap para ahli/pakar dibidang pekerjaan *onshore pipeline*. Dari hasil survey ini akan didapatkan tingkat skala tingkat kemungkinan (*likelihood*) dan tingkat keparahan (*severity*) dari variabel risiko yang sebelumnya telah dibuat. Survei ini mengacu pada *likelihood index* dan *severity index* DNV RP G101, dengan melihat beberapa aspek seperti aspek *safety*, *environment*, dan *business/assets*. Berikut tabel acuan dari *likelihood index* dan *severity index* :

**Tabel 4.4** *Likelihood Index*

Tingkat <i>Likelihood</i>	Uraian	Definisi
4	Hampir pasti terjadi	Dapat terjadi setiap saat dalam kondisi normal
3	Sering terjadi	Terjadi beberapa kali dalam periode waktu tertentu
2	Dapat terjadi	Risiko dapat terjadi namun tidak sering
1	Kadang-kadang	Kadang-kadang terjadi
0	Jarang sekali terjadi	Dapat terjadi dalam keadaan tertentu

(sumber : DNV RP G101)

**Tabel 4.5 Severity Index**

		0	1	2	3	4
<b>Tipe Dampak</b>	<b>Safety</b>	Tidak terjadi kecelakaan	Terjadi kecelakaan sehingga absen kerja selama < 2 hari	Terjadi kecelakaan sehingga absen kerja selama > 2 hari	Terjadi kecelakaan sehingga ada 1 korban jiwa	Terjadi kecelakaan sehingga banyak korban jiwa
	<b>Environment</b>	Tidak terjadi polusi	Terjadi polusi dan dapat dibersihkan dengan mudah	Terjadi polusi sehingga membutuhkan 1 minggu untuk dibersihkan	Terjadi polusi dan berdampak terhadap ekosistem lingkungan	Terjadi polusi sehingga menyebabkan kerusakan besar terhadap lingkungan
	<b>Business</b>	Tidak membutuhkan perbaikan	Membutuhkan perbaikan dengan biaya 1x pengerjaan	Membutuhkan perbaikan dengan biaya 4x pengerjaan	Membutuhkan perbaikan dengan biaya 1 bulan pengerjaan	Membutuhkan perbaikan dengan biaya 1 tahun pengerjaan

(sumber : DNV RP G101)

**Tabel 4.6** Hasil survei *Likelihood* dan *Severity* Aspek *Safety*

Kode	Hazard	Likelihood					Severity				
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1.1	Korosi Eksternal	0	0	0	2	3	0	0	5	0	0
1.2	Erosi	0	1	3	1	0	0	4	1	0	0
1.3	Gempa Bumi	4	1	0	0	0	4	1	0	0	0
2.1	<i>Yield Failure</i>	1	1	2	1	0	3	1	1	0	0
2.2	Operator Error	1	2	2	0	0	1	4	0	0	0
2.3	Korosi Internal	0	0	4	1	0	0	1	4	0	0
2.4	Ledakan dan Kebakaran	0	2	3	0	0	0	5	0	0	0
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	0	1	4	0	0	0	5	0	0	0
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	0	2	3	0	0	0	4	1	0	0
2.7	<i>Local Buckling</i>	0	4	1	0	0	0	5	0	0	0
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	0	0	4	1	0	3	1	1	0	0
3.2	Pencurian Minyak	4	1	0	0	0	4	1	0	0	0
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	0	2	2	1	0	0	3	2	0	0
3.4	Pohon Tumbang	0	0	3	2	0	0	5	0	0	0

**Tabel 4.7** Hasil survei *Likelihood* dan *Severity* Aspek *Environment*

Kode	Hazard	<i>Likelihood</i>					<i>Severity</i>				
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1.1	Korosi Eksternal	0	0	2	2	1	0	0	2	3	0
1.2	Erosi	1	3	1	1	0	0	2	2	1	0
1.3	Gempa Bumi	4	1	0	0	0	3	1	0	0	1
2.1	<i>Yield Failure</i>	4	0	0	1	0	3	1	1	0	0
2.2	Operator Error	1	0	3	1	0	0	0	4	1	0
2.3	Korosi Internal	0	0	0	5	0	0	0	3	2	0
2.4	Ledakan dan Kebakaran	0	1	4	0	0	0	0	4	0	1
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	0	3	1	1	0	0	1	4	0	0
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	0	4	1	0	0	0	2	3	0	0
2.7	<i>Local Buckling</i>	0	5	0	0	0	0	2	2	1	0
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	0	3	2	0	0	0	0	4	1	0
3.2	Pencurian Minyak	4	1	0	0	0	0	0	4	1	0
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	0	0	5	0	0	0	0	3	2	0
3.4	Pohon Tumbang	0	0	5	0	0	0	2	3	0	0

**Tabel 4.8** Hasil survei *Likelihood* dan *Severity* Aspek *Business/Assets*

Kode	Hazard	<i>Likelihood</i>					<i>Severity</i>				
		0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1.1	Korosi Eksternal	0	0	4	0	1	0	2	3	0	0
1.2	Erosi	3	1	1	0	0	0	0	5	0	0
1.3	Gempa Bumi	4	1	0	0	0	2	2	0	0	1
2.1	<i>Yield Failure</i>	2	1	1	1	0	0	1	4	0	0
2.2	Operator Error	1	3	1	0	0	0	2	3	0	0
2.3	Korosi Internal	0	0	4	1	0	0	0	0	5	0
2.4	Ledakan dan Kebakaran	0	1	4	0	0	0	0	3	1	1
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	0	3	2	0	0	0	1	4	0	0
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	0	2	3	0	0	0	2	3	0	0
2.7	<i>Local Buckling</i>	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	0	0	5	0	0	0	1	1	3	0
3.2	Pencurian Minyak	3	2	0	0	0	0	0	2	3	0
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	0	0	5	0	0	0	0	2	3	0
3.4	Pohon Tumbang	0	0	5	0	0	0	1	1	3	0

#### 4.6 Penilaian Resiko

Setelah melakukan survey untuk mendapatkan indeks kemungkinan (*likelihood*) dan keparahan (*severity*) pada setiap variabel kegiatan

dilakukan penilaian risiko. Penilaian risiko (matriks risiko) adalah hasil perkalian antara *likelihood index* dengan *severity index* untuk mengetahui tingkat risiko pada setiap variabel kegiatan.

#### 4.6.1 Penilaian Persepsi Terhadap Kemungkinan (*likelihood*)

Penilaian persepsi terhadap kemungkinan yang ditimbulkan dilakukan dengan analisa persepsi. Analisa ini untuk mendapatkan skor atau kategori pada setiap variabel risiko. Setiap variabel memiliki nilai kategori *likelihood* yang berbeda-beda, sehingga dilakukan perhitungan *likelihood index* dengan persamaan dibawah ini:

$$L.I = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i n_i}{4N} \times 100\%$$

Sebagai contoh, akan dilakukan pada variabel *external corrosion* yaitu pada aspek *Safety* Pada survey *likelihood* diperoleh 3 orang mengisi kategori 4 dan 2 orang memilih kategori 3. Kemudian hasil survei itu dihitung dengan persamaan diatas. Maka didapatkan penilaian variabel risiko korosi eksternal adalah 90%

$$L.I = \frac{\sum_{i=0}^4 (0 \times 0) + (1 \times 0) + (2 \times 0) + (3 \times 2) + (4 \times 3)}{4(5)} \times 100\%$$

$$LI = 90\%$$

Hasil penilaian persepsi terhadap kemungkinan dapat dilihat pada tabel 4.9; 4.10; 4.11

#### 4.6.2 Penilaian Persepsi Terhadap Keparahan ( *Severity* )

Penilaian persepsi terhadap *severity* ini hampir sama dengan penilaian persepsi pada *likelihood*. Dikarenakan setiap variabel memiliki nilai kategori *severity* ini memiliki perbedaan pada setiap variabelnya, maka diperlukan perhitungan *severity index* seperti persamaan dibawah ini :

$$S.I = \frac{\sum_{i=0}^4 a_i n_i}{4N} \times 100\%$$



Sebagai contoh, akan dilakukan pada variabel erosi yaitu pada *Natural Hazard* dalam aspek *Safety*. Dari hasil survei keparahan (*severitiy*) diperoleh 1 orang memilih pada tingkat keparahan 2, 4 orang memilih tingkat keparahan 1. Maka hasil penilaian *severity* pada variabel 1 b adalah 50%.

$$S.I = \frac{\sum_{i=0}^4 (0 \times 0) + (1 \times 4) + (2 \times 1) + (3 \times 0) + (4 \times 0)}{4(5)} \times 100\%$$

$$= 30\%$$

Hasil penilaian persepsi terhadap keparahan dapat dilihat pada tabel 4.9; 4.10; 4.11

**Tabel 4.9** Hasil Penilaian *likelihood index* dan *severity index* ditinjau dari Aspek *Safety*

Kode	Hazard	<i>Likelihood Index</i>	<i>Rank</i>	<i>Severity Index</i>	<i>Rank</i>
1.1	Korosi Eksternal	90%	4	50%	2
1.2	Erosi	50%	2	30%	1
1.3	Gempa Bumi	5%	0	5%	0
2.1	<i>Yield Failure</i>	40%	1	15%	0
2.2	Operator Error	30%	1	20%	0
2.3	<i>Internal Corrosion</i>	55%	2	45%	2
2.4	Ledakan dan Kebakaran	40%	1	25%	1
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	45%	2	25%	1
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	40%	1	30%	1
2.7	<i>Local Buckling</i>	30%	1	25%	1
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	55%	2	15%	0
3.2	Pencurian Minyak	5%	0	5%	0
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	45%	2	35%	1
3.4	Pohon Tumbang	60%	2	25%	1

**Tabel 4.10** Hasil Penilaian *likelihood index* dan *severity index* ditinjau dari Aspek *environment*

Kode	Hazard	<i>Likelihood Index</i>	<i>Rank</i>	<i>Severity Index</i>	<i>Rank</i>
1.1	Korosi Eksternal	70%	3	65%	3
1.2	Erosi	40%	1	45%	2
1.3	Gempa Bumi	5%	0	25%	1
2.1	<i>Yield Failure</i>	15%	0	15%	0
2.2	Operator Eror	45%	2	55%	2
2.3	<i>Internal Corrosion</i>	75%	3	60%	2
2.4	Ledakan dan Kebakaran	45%	2	60%	2
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	40%	1	45%	2
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	30%	1	40%	1
2.7	<i>Local Buckling</i>	25%	1	45%	2
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	35%	1	55%	2
3.2	Pencurian Minyak	5%	0	55%	2
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	50%	2	60%	2
3.4	Pohon Tumbang	50%	2	40%	1

**Tabel 4.11** Hasil Penilaian *likelihood index* dan *severity index* ditinjau dari Aspek *business/assets*

Kode	Hazard	<i>Likelihood Index</i>	<i>Rank</i>	<i>Severity Index</i>	<i>Rank</i>
1.1	Korosi Eksternal	60%	2	40%	1
1.2	Erosi	15%	0	50%	2
1.3	Gempa Bumi	5%	0	30%	1
2.1	<i>Yield Failure</i>	30%	1	45%	2
2.2	Operator Eror	25%	1	40%	2
2.3	<i>Internal Corrosion</i>	55%	2	75%	3
2.4	Ledakan dan Kebakaran	45%	2	65%	2
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	35%	1	45%	2
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	40%	1	40%	1
2.7	<i>Local Buckling</i>	25%	1	50%	2
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	50%	2	60%	2
3.2	Pencurian Minyak	10%	0	65%	3
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	50%	2	65%	2
3.4	Pohon Tumbang	50%	2	60%	2

Hasil rank didapat dari penggolongan *likelihood index* dan *severity index* yang di sesuaikan dengan acuan (Davis dan Cosenza,1988) pada tabel dibawah ini;

Tabel 4.12 klasifikasi keparahan

No.	Kelas	Indeks
0	<i>Extremely Ineffective</i>	$0\% < S.I \leq 20\%$
1	<i>Ineffective</i>	$20\% < S.I \leq 40\%$
2	<i>Moderately Effective</i>	$40\% < S.I \leq 60\%$
3	<i>Very Effective</i>	$60\% < S.I \leq 80\%$
4	<i>Extremely Effective</i>	$80\% < S.I \leq 100\%$

Sebagai contoh kegiatan 1 memiliki nilai *likelihood index* 90%, dengan demikian penggolongan rank kegiatan tersebut termasuk pada rank 4 (*extremely effective*  $80\% < LI \leq 100\%$ ).

#### 4.6.3 Penggolongan Tingkat Resiko

Setelah kita mengetahui berapa besar probabilitas dan konsekuensi dari suatu kejadian. Kita dapat memasukkannya ke dalam matriks resiko. Matriks resiko yang digunakan menggunakan codes sesuai dengan DNV RP-G101. Dalam hal ini, untuk probabilitas menggunakan pendekatan quantitatives sedangkan untuk konsekuensi menggunakan pendekatan qualitatives. Setelah kita mengetahui *probability of failure* dan *consequence of failure*, maka sesuaikan dengan matriks seperti tabel dibawah ini :

Tabel 4.13 Matriks Resiko ( Sumber : DNV RP G101)

			Concequency				
			<i>Insignificant</i>	<i>Slight</i>	<i>Major Injury</i>	<i>Single Fatality</i>	<i>Multiple Fatality</i>
			0	1	2	3	4
Frequency	4	$10^{-2}$	Yellow	Red	Red	Red	Red
	3	$10^{-3} - 10^{-2}$	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	2	$10^{-4} - 10^{-3}$	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
	1	$10^{-5} - 10^{-4}$	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
	0	$10^{-5}$	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

Maka berdasarkan tabel 4.9, variabel resiko 1.1 memiliki nilai *likelihood index* 90% dengan rank 4 dan memiliki nilai *severity index* 50% dengan rank 2. Untuk resiko yang berada pada zona hijau, dapat dikatakan resikonya masih bisa di toleransi, untuk yang berada pada zona kuning dan merah dikatakan resiko yang perlu untuk diwaspadai dan dilakukan pengendalian resiko. Maka apabila diplotkan pada tabel matriks resiko diatas akan didapatkan hasil pada ilustrasi tabel matriks resiko berikut ini :

**Tabel 4.14** Hasil Plot Matriks Resiko pada Variabel Resiko 1.1

			Concequency				
			Insignificant	Slight	Major Injury	Single Fatality	Multiple Fatality
			0	1	2	3	4
Frequency	4	$10^{-2}$	Yellow	Red	Red	Red	Red
	3	$10^{-3} - 10^{-2}$	Yellow	Yellow	Red	Red	Red
	2	$10^{-4} - 10^{-3}$	Green	Yellow	Yellow	Red	Red
	1	$10^{-5} - 10^{-4}$	Green	Green	Yellow	Yellow	Red
	0	$10^{-5}$	Green	Green	Green	Yellow	Yellow

Untuk dapat melihat penggolongan resiko seluruh variabel dapat melihat tabel berikut ini :

**Tabel 4.15** Hasil Penggolongan Matrik Resiko pada aspek *Safety*

Kode	Hazard	Likelihood Index	Rank	Severity Index	Rank	Kategori Matriks
1.1	Korosi Eksternal	90%	4	50%	2	High
1.2	Erosi	50%	2	30%	1	Medium
1.3	Gempa Bumi	5%	0	5%	0	Low
2.1	<i>Yield Failure</i>	40%	1	15%	0	Low
2.2	Operator Eror	30%	1	20%	0	Low
2.3	Korosi Internal	55%	2	45%	2	Medium
2.4	Ledakan dan Kebakaran	40%	1	25%	1	Low
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	45%	2	25%	1	Medium
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	40%	1	30%	1	Low
2.7	<i>Local Buckling</i>	30%	1	25%	1	Low
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	55%	2	15%	0	Low
3.2	Pencurian Minyak	5%	0	5%	0	Low
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	45%	2	35%	1	Medium
3.4	Pohon Tumbang	60%	2	25%	1	Medium

**Tabel 4.16** Hasil Penggolongan Matrik Resiko pada aspek *Environment*

Kode	Hazard	<i>Likelihood Index</i>	<i>Rank</i>	<i>Severity Index</i>	<i>Rank</i>	Kategori Matriks
1.1	Korosi Eksternal	70%	3	65%	3	High
1.2	Erosi	40%	1	45%	2	Medium
1.3	Gempa Bumi	5%	0	25%	1	Low
2.1	<i>Yield Failure</i>	15%	0	15%	0	Low
2.2	Operator Error	45%	2	55%	2	Medium
2.3	Korosi Internal	75%	3	60%	2	High
2.4	Ledakan dan Kebakaran	45%	2	60%	2	Medium
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	40%	1	45%	2	Medium
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	30%	1	40%	1	Low
2.7	<i>Local Buckling</i>	25%	1	45%	2	Medium
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	35%	1	55%	2	Medium
3.2	Pencurian Minyak	5%	0	55%	2	Low
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	50%	2	60%	2	Medium
3.4	Pohon Tumbang	50%	2	40%	1	Medium

**Tabel 4.17** Hasil Penggolongan Matrik Resiko pada aspek  
*Business/Assets*

Kode	Hazard	<i>Likelihood Index</i>	<i>Rank</i>	<i>Severity Index</i>	<i>Rank</i>	Kategori Matriks
1.1	Korosi Eksternal	60%	2	40%	1	Medium
1.2	Erosi	15%	0	50%	2	Low
1.3	Gempa Bumi	5%	0	30%	1	Low
2.1	<i>Yield Failure</i>	30%	1	45%	2	Medium
2.2	Operator Error	25%	1	40%	2	Medium
2.3	Korosi Internal	55%	2	75%	3	High
2.4	Ledakan dan Kebakaran	45%	2	65%	2	Medium
2.5	<i>Fatigue Damage</i>	35%	1	45%	2	Medium
2.6	<i>Poor Quality Control</i>	40%	1	40%	1	Low
2.7	<i>Local Buckling</i>	25%	1	50%	2	Low
3.1	Pembukaan Lahan Tambak	50%	2	60%	2	Medium
3.2	Pencurian Minyak	10%	0	65%	3	Medium
3.3	Kapal Nelayan Menabrak Pipa	50%	2	65%	2	Medium
3.4	Pohon Tumbang	50%	2	60%	2	Medium

Dari hasil penggolongan keseluruhan didapatkan beberapa variabel yang termasuk kedalam risiko zona merah. Variabel-variabel yang termasuk kategori zona merah pada aspek *safety* adalah resiko 1.1 yaitu korosi eksternal. Pada aspek *environement* yang termasuk kategori zona merah adalah resiko 1.1 dan 2.3 yaitu korosi eksternal dan korosi internal. Sedangkan pada aspek *business/assets* variabel yang termasuk kedalam zona merah adalah variabel resiko 2.3 yaitu korosi internal. Berikut persebaran variabel resiko dalam matriks resiko tiap-tiap aspek.

**Tabel 4.18** Hasil Matriks Resiko pada Aspek *Safety*

			Concequency				
			<i>Insignificant</i>	<i>Slight</i>	<i>Major Injury</i>	<i>Single Fatality</i>	<i>Multiple Fatality</i>
			0	1	2	3	4
<i>Frequency</i>	4	$10^{-2}$		1.1			
	3	$10^{-3} - 10^{-2}$					
	2	$10^{-4} - 10^{-3}$	3.1	1.2 ; 2.5 ; 3.3 ; 3.4	2.3		
	1	$10^{-5} - 10^{-4}$	2.1 ; 2.2	2.4 ; 2.6 ; 2.7			
	0	$10^{-5}$	1.3 ; 3.2				

**Tabel 4.19** Hasil Matriks Resiko pada Aspek *Environment*

			Concequency				
			<i>Insignificant</i>	<i>Slight</i>	<i>Local Effect</i>	<i>Major Effect</i>	<i>Massive Effect</i>
			0	1	2	3	4
Frequency	4	$10^{-2}$					
	3	$10^{-3} - 10^{-2}$			2.3	1.1	
	2	$10^{-4} - 10^{-3}$		3.4	2.2 ; 2.4 ; 3.3		
	1	$10^{-5} - 10^{-4}$		2.6	1.2 ; 2.5 ; 2.7 ; 3.1		
	0	$10^{-5}$	2.1	1.3	3.2		

**Tabel 4.20** Hasil Matriks Resiko pada Aspek *Business/Assets*

			Concequency				
			<i>Insignificant</i>	<i>Slight</i>	<i>Local Damage</i>	<i>Major Damage</i>	<i>Extensive Damage</i>
			0	1	2	3	4
Frequency	4	$10^{-2}$					
	3	$10^{-3} - 10^{-2}$					
	2	$10^{-4} - 10^{-3}$		1.1	2.4 ; 3.1 ; 3.3 ; 3.4	2.3	
	1	$10^{-5} - 10^{-4}$		2.6	2.1 ; 2.2 ; 2.5 ; 2.7		
	0	$10^{-5}$		1.3	1.2	3.2	

Untuk resiko yang berada pada zona hijau, dapat dikatakan resikonya masih bisa di toleransi, untuk yang berada pada zona kuning dikatakan



resiko yang perlu untuk diwaspadai. Untuk yang memasuki zona merah dikatakan bahwa resikonya sudah tidak dapat ditolerir dan harus segera dilakukan pengendalian resiko.

#### 4.7 Pengendalian Resiko

Pada pengendalian resiko ini dilakukan tindakan pencegahan untuk mengurangi dampak kejadian dari variabel resiko yang berada pada zona merah dan kuning. Sedangkan di zona hijau tidak dilakukan tindakan pengendalian karena dampaknya masih dapat ditoleransi. Untuk zona merah tindakan pencegahan harus segera dilaksanakan untuk mencegah terjadinya hal-hal yang tidak diinginkan.

Ditinjau dari matriks resiko ketiga aspek yaitu aspek *safety*, aspek *environment*, dan aspek *business/ assets* yang berada pada zona merah adalah variabel korosi eksternal dan korosi internal. Sedangkan variabel yang berada pada zona kuning adalah erosi, *yield failure*, operator eror, ledakan dan kebakaran, *fatigue damage*, *local buckling*, pembukaan lahan tambak, pencurian minyak, kapal nelayan menabrak pipa, dan pohon tumbang.

Untuk pengendalian resiko pada zona merah yaitu korosi eksternal dan korosi internal. Karena termasuk dalam variabel korosi tindakan pencegahannya ada dua cara yaitu dengan cara memberikan penambahan proteksi katodik dan juga mempertebal *coating*.

Untuk variabel yang berada di zona kuning tindakan pencegahannya berupa :

- Resiko : Erosi  
Pencegahannya : Membuat media untuk menyerap air hujan agar tanah tidak mudah terkikis oleh air dan juga dapat menanami pohon-pohon kecil untuk membantu penyerapan air.
- Resiko : Operator Error, Ledakan dan Kebakaran  
Pencegahannya : Hal ini disebabkan disebabkan karena *human eror* untuk perlu diadakan pengawasan oleh *supervisor* atau dengan

membuat *Standard Operational Prosedure* (SOP) agar operator tidak lalai dan dapat mengurangi hal hal yang tidak diinginkan

- Resiko : Pembukaan Lahan Tambak, Pencurian Minyak  
Pencegahannya : Karena ini termasuk dalam eksternal hazard jadi tindakan pencegahannya yaitu dengan mengadakan patroli oleh pihak keamanan di daerah rawan jalur pipa.
- Resiko ; Kapal Nelayan Menabrak Pipa  
Pencegahannya : Tindakan pencegahannya yaitu dengan memberikan papan penanda bahwa terdapat pipa di daerah tersebut.
- Resiko : Pohon Tumbang  
Pencegahannya ; Melakukan pengawasan dan pemeliharaan pada pohon-pohon yang dianggap rawan atau pohon yang sudah tua agar jika tumbang tidak mengenai pipa di dekatnya.

(Halaman ini sengaja di kosongkan.)

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pengolahan data dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat dua resiko dominan yang berada pada zona merah yaitu variabel korosi eksternal dan korosi internal. Keduanya memiliki *likelihood index* 3 dan *severity index* 4.
2. Peluang kegagalan dari tiap-tiap aspek yang dominan yaitu pada aspek *safety* adalah korosi eksternal dengan persentase 15%. Pada aspek *environment* adalah korosi eksternal dan korosi internal dengan persentase 13% dan 14%. Sedangkan pada aspek *business/asets* adalah korosi eksternal dengan 12%.
3. Tindakan pencegahan yang dilakukan hanya pada zona merah karena memerlukan tindakan secepatnya dan juga zona kuning. Berikut tindakan pencegahannya :

Untuk pengendalian resiko pada zona merah yaitu korosi eksternal dan korosi internal. Karena termasuk dalam variabel korosi tindakan pencegahannya ada dua cara yaitu dengan cara memberikan penambahan proteksi katodik dan juga mempertebal *coating*.

Untuk variabel yang berada di zona kuning tindakan pencegahannya berupa :

- Resiko : Erosi  
Pencegahannya : Membuat media untuk menyerap air hujan agar tanah tidak mudah terkisis oleh air dan juga dapat menanami pohon-pohon kecil untuk membantu penyerapan air.
- Resiko : Operator Error, Ledakan dan Kebakaran  
Pencegahannya : Hal ini disebabkan disebabkan karena *human eror* untuk perlu diadakan pengawasan oleh *supervisor* atau dengan membuat *Standard Operational Prosedure* (SOP) agar operator tidak lalai dan dapat mengurangi hal hal yang tidak diinginkan
- Resiko : Pembukaan Lahan Tambak, Pencurian Minyak

Pencegahannya : Karena ini termasuk dalam eksternal hazard jadi tindakan pencegahannya yaitu dengan mengadakan patroli oleh pihak keamanan di daerah rawan jalur pipa.

- Resiko ; Kapal Nelayan Menabrak Pipa  
Pencegahannya : Tindakan pencegahannya yaitu dengan memberikan papan penanda bahwa terdapat pipa di daerah tersebut.
- Resiko : Pohon Tumbang  
Pencegahannya ; Melakukan pengawasan dan pemeliharaan pada pohon-pohon yang dianggap rawan atau pohon yang sudah tua agar jika tumbang tidak mengenai pipa di dekatnya.

## 5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian Tugas Akhir yang akan datang adalah :

1. Penggunaan metode analisis yang lain sehingga ada perbandingan, pembelajaran dan temuan lain yang berkaitan dengan *onshore pipeline*
2. Apabila melakukan metode survei, harus dilakukan dengan wawancara langsung dengan responden agar penulis dan responden memiliki persepsi yang sama.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-Bahar, J., and Crandall, K. (1990). *Systematic Risk Management Approach for Construction Projects*. ASCE Journal of Construction Engineering and Management, Vol. 116, No 3, pp. 533-546.
- Arisandi, Duddy dan Asril Senoaji. 2014. *Analisis Kegagalan Blok Rem Metalik Kereta Api (Shoe Train Brake Failure Analysis)*. Bandung : ITB
- Asfani, Khoirudin dan Lativa Hartiningtyas. 2014. *Hazard and Operability*. Malang : UNM
- Bai, Qiang dan Yong Bai. 2014. *Subsea Pipeline Deisgn, Analysis, and Installation*. USA
- Barriyah, Mariana. 2012. *Analisa Risiko Pipa Transmisi Gas Onshore Di Sumatera*. Depok : UI
- Darmawi, Herman. 2008. *Manajemen Risiko*. Edisi 1. Jakarta: Bumi Aksara
- Darmapala dan Singgih, Moses L. 2012. *Risk Based Maintenance (RBM) untuk Natural Gas Pipeline pada Perusahaan X dengan Menggunakan Metode Kombinasi AHP-Index Model*. Surabaya : ITS.
- Det Norske Veritas (DNV) OS-F101. 2000. *Submarine Pipeline System*
- Det Norske Veritas (DNV) RP-G101. 2010. *Risk Based Inspection Of Offshore Topside Static Mechanical Equipment*
- Ericson, Clifton A. 2005. *Hazard Analysis Techniques For System Safety*. United State of America
- ISO 1799. 2012. *An Introduction To Risk Analysis*
- Kerja OHSAS 18001. Jakarta: Dian Rakyat.
- Muhlbauer, W.K. 2004. *Pipeline risk management manual*, 3rd edition, Elsevier Inc. (Gulf professional publishing as an imprint of Elsevier).

OHS Risk Management, Dian Rakyat, Jakarta.

OHSAS 18001:2007. *Occupational Health and Safety Assessment Series*. OH&S  
Safety Management Systems Requirements.

Ramli, Soehatman. 2010. Pedoman praktis Manajemen Risiko dalam prespektif  
K3

Rosyid, D. M., 2007, Pengantar Rekayasa Keandalan, Airlangga University Press,  
Surabaya.

Silvianita, Khamidi, Mohd. Faris, dan Kurian, V. J. 2011. *Operational Risk  
Assessment Framework of mobile mooring system*

Sari, Whilda K dan Drs. Haryono. 2015. *Manajemen Risiko pada Penentuan  
Strategi Pemeliharaan Berdasarkan Faktor-Faktor Penyebab  
Kebocoran Pipeline Sebagai Upaya Mitigasi Risiko Di Pt. X. Surabaya :*  
ITS

Wachyudi, Yusuf. 2010. *Idenifikasi Bahaya, Analisis, dan Pengendalian Risiko  
dalam Tahap Desain Proses Produksi Minyak & Gas di Kapal Floating  
Production Storage & Offloading (FPSO) untuk Poject Bukit Tua Tahun  
2010*. Depok : Universitas Indonesia

[http://migas.esdm.go.id/uploads/regulasi/profil\\_peraturan\\_237.pdf](http://migas.esdm.go.id/uploads/regulasi/profil_peraturan_237.pdf)

**LAMPIRAN A**

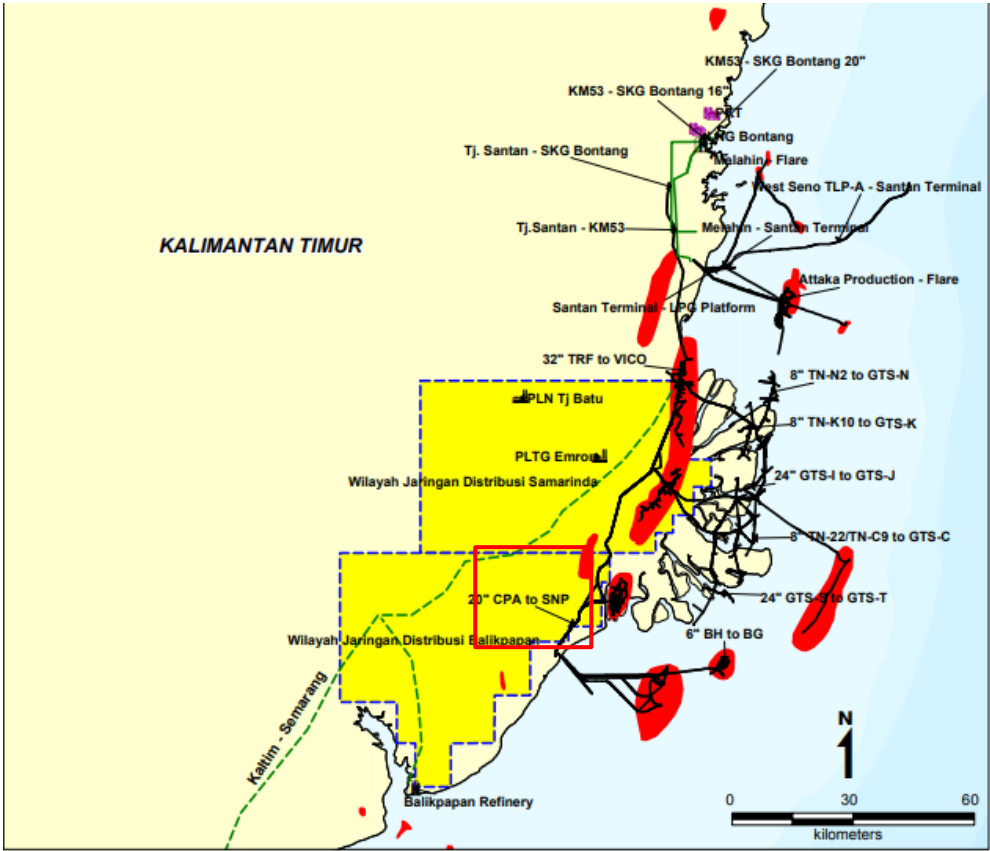
**DATA *PIPELINE***



### Data Desain *Pipeline*

Data <i>Pipeline</i>	
Location	Handil
Design Code	SNI 13-3473 / ASME B 31.4
Type	Gathering Line
Contractor	-
Material	API 5L Gr B
OD	12" (304.8 mm)
Wall Thickness	12.7 mm
Length	1284 m
Service	Oil
External Corrosion System	Sacrificial Anode
Design Life	25 years
Years Built	1982
Years Use	1982
Class Location	1 Div 2
Design Factor	pipeline 0.72 river 0.6
Design Pressure	103.4 barg
Operating Pressure	7 barg
MAOP	75 barg
Hydrotest pressure	129.25 barg
Design Temperature	95 °C
Max. Operating Temperature	45 °C
Corrosion Allowance	2mm

Denah Lokasi Pipeline



**LAMPIRAN B**  
**DATA RESPONDEN**

### **1. Responden Pertama**

Nama : Faisal Indra  
Alamat : Surabaya  
No. Telp. : 08119595819  
Jabatan : Senior *Pipeline Inspector*  
Pendidikan Terakhir : S - 1  
Lama Bekerja : 6 Tahun

### **2. Responden Ke Dua**

Nama : Eka Mayasari  
Alamat : Balikpapan  
No. Telp. : 081931524515  
Jabatan : *Project Manager*  
Pendidikan Terakhir : S - 1  
Lama Bekerja : 7 Tahun

### **3. Responden Ke Tiga**

Nama : Andromeda Pratama  
Alamat : Jakarta  
No. Telp. : 0822 3102 3152  
Jabatan : *Pipeline Inspector*  
Pendidikan Terakhir : S - 1  
Lama Bekerja : 4 Tahun

### **4. Responden Ke Empat**

Nama : Prilisyah Fitri M  
Alamat : Jakarta  
No. Telp. : 081350162022  
Jabatan : *Pipeline Inspector*  
Pendidikan Terakhir : S - 1  
Lama Bekerja : 4 Tahun

## 5. Responden Ke Lima

Nama : Robby S. Karaeng  
Alamat : Jakarta  
No. Telp. : 082141781438  
Jabatan : *Pipeline Inspector*  
Pendidikan Terakhir : S -1  
Lama Bekerja : 5 Tahun

**LAMPIRAN C**

**KUESIONER SURVEI *LIKELIHOOD &  
SEVERITY***

# KUESIONER SURVEI UTAMA

**Judul Tugas Akhir :**

ANALISIS RISIKO KEGAGALAN OPERASI MENGGUNAKAN *HAZOP ANALYSIS* PADA *ONSHORE PIPELINE* PT.X

**Ditujukan Kepada:**

PT Indospec Asia



**Disusun Oleh :**

Alief Akbar El Hakim

04311440000141

**DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**

## 1. PENDAHULUAN

Dalam suatu operasional *pipeline* terdapat beberapa resiko kegagalan yang dapat menyebabkan terjadinya kebocoran pada saat *pipeline* beroperasi. Untuk mencegah terjadinya kebocoran perlu dilakukan tindakan pencegahan. Maka pada penelitian tugas akhir ini saya akan meneliti mengenai kemungkinan risiko-risiko kecelakaan kerja yang dominan dapat terjadi pada kondisi operasi *Onshore Pipeline* Handil Area Balikpapan. Serta kuisisioner ini berkaitan dengan tingkatan dampak daripada kejadian yang terjadi saat kebocoran tersebut ditinjau sesuai dengan faktor safety, environment, dan business yang tercantum pada Codes DNV RPG101.

## 2. TUJUAN SURVEI

Survei utama bertujuan untuk memperoleh data kemungkinan kejadian (*likelihood*) serta tingkat keparahan (*severity*) dari risiko kegagalan operasi sehingga hasil variabel tersebut dapat menjadi acuan dalam penentuan tingkat risiko kemungkinan kegagalan operasi pada pipaini.

## 3. RESPONDEN

Kuesioner pada survei utama ini ditujukan kepada pihak yang berhubungan langsung dengan *Onshore Pipeline* Handil Area.

## 4. KERAHASIAAN INFORMASI

Data responden dan informasi yang diberikan dalamkuesioner ini dijamin kerahasiaannya dan hanya dipakai untuk keperluan penelitian Tugas Akhir. Sehingga diharapkan kepada para responden untuk dapat mengisi kuesioner ini dengan objektif dan sejujur-jujurnya.

Saya menyampaikan terima kasih atas ketersediaan Bapak/Ibu sebagai responden untuk mengisi kuesioner survey pendahuluan ini. Saya sebagai peneliti berharap Bapak/ Ibu tidak keberatan untuk dihubungi kembali apabila terdapat kekeliruan dalam pengisian kuesioner ataupun apabila peneliti membutuhkan data dan keterangan tambahan sehubungan dengan penelitian ini.

## 5. PROFIL RESPONDEN

- |   |              |                         |
|---|--------------|-------------------------|
| 1 | Nama         | : Faisal Indra          |
| 2 | Alamat       | : Surabaya              |
| 3 | No. Telp.    | : 08119595819           |
| 4 | Jabatan      | : Sr.Pipeline Inspector |
| 5 | Pendidikan   | : S-1                   |
|   | Terakhir     |                         |
| 6 | Lama Bekerja | : 6 Tahun               |



## 6. PETUNJUK PENGISIAN KUESIONER

Dalam pengisian kuisisioner ini para responden diharapkan untuk memilih pilihan yang ada. Pilihlah pernyataan dengan memberi tanda check (✓) pada kolom yang telah tersedia. Apabila terdapat variabel yang tidak tercantum dalam daftar, maka diharapkan responden dapat mengisi di kolom kosong yang telah disediakan di bawah poin terakhir. Keterangan skala untuk tingkat kemungkinan sebagai berikut :

<b>Tingkat <i>Likelihood</i></b>	<b>Uraian</b>	<b>Definisi</b>
0	Hampir pasti terjadi	Dapat terjadi setiap saat dalam kondisi normal
1	Sering terjadi	Terjadi beberapa kali dalam periode waktu tertentu
2	Dapa tterjadi	Risiko dapat terjadi namun tidak sering
3	Kadang-kadang	Kadang-kadang terjadi
4	Jarang sekali terjadi	Dapat terjadi dalam keadaan tertentu

Keterangan skala untuk tingkat keparahan sebagai berikut:

<b>Tingkat <i>Severity</i></b>	<b>Uraian</b>	<b>Definisi (<i>Safety</i>)</b>
0	Tidak signifikan	Tidak terjadi kecelakaan
1	Kecil	Terjadi kecelakaan sehingga absen kerja selama < 2 hari
2	Sedang	Terjadi kecelakaan sehingga absen kerja selama > 2 hari
3	Berat	Terjadi kecelakaan sehingga ada 1 korban jiwa
4	Bencana	Terjadi kecelakaan sehingga banyak korban jiwa

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (safety)</i>					<i>Severity (safety)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion	x							x		
		Erosion			x				x			
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure					x	x				
		Operator Error			x				x			
		<i>Internal Corrosion</i>			x					x		
		Fire and Explosion			x				x			
		Fatigue Damage			x				x			
		Poor Quality Control			x				x			
		Local Buckling				x			x			
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak			x			x				
		Pencurian Minyak					x	x				
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x				x			
		Pohon Tumbang			x				x			

Ditinjau dari segi aspek *Environment*/ Lingkungan :

Keterangan Skala untuk tingkat kemungkinan sebagai berikut :

<b>Tingkat <i>Likelihood</i></b>	<b>Uraian</b>	<b>Definisi</b>
0	Hampir pasti terjadi	Dapat terjadi setiap saat dalam kondisi normal
1	Sering terjadi	Terjadi beberapa kali dalam periode waktu tertentu
2	Dapat terjadi	Risiko dapat terjadi namun tidak sering
3	Kadang-kadang	Kadang-kadang terjadi
4	Jarang sekali terjadi	Dapat terjadi dalam keadaan tertentu

Keterangan skala untuk tingkat keparahan sebagai berikut:

<b>Tingkat <i>Severity</i></b>	<b>Uraian</b>	<b>Definisi (<i>Environment</i>)</b>
0	Tidaksignifikan	Tidak terjadi polusi
1	Kecil	Terjadi polusi dan dapat dibersihkan dengan mudah
2	Sedang	Terjadi polusi sehingga membutuhkan 1 minggu untuk dibersihkan
3	Berat	Terjadi polusi dan berdampak terhadap ekosistem lingkungan
4	Bencana	Terjadi polusi sehingga menyebabkan kerusakan besar terhadap lingkungan

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (environment)</i>					<i>Severity (environment)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion		x						x		
		Erosion					x		x			
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure					x	x				
		Operator Eror		x						x		
		<i>Internal Corrosion</i>		x						x		
		Fire and Explosion			x					x		
		Fatigue Damage				x				x		
		Poor Quality Control				x				x		
		Local Buckling				x			x			
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak				x				x		
		Pencurian Minyak					x			x		
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x						x	
		Pohon Tumbang			x					x		

Ditinjau dari segi aspek *Aset / business* :

Keterangan Skala untuk tingkat kemungkinan sebagai berikut :

<b>Tingkat <i>Likelihood</i></b>	<b>Uraian</b>	<b>Definisi</b>
0	Hampir pasti terjadi	Dapat terjadi setiap saat dalam kondisi normal
1	Sering terjadi	Terjadi beberapa kali dalam periode waktu tertentu
2	Dapat terjadi	Risiko dapat terjadi namun tidak sering
3	Kadang-kadang	Kadang-kadang terjadi
4	Jarangs ekali terjadi	Dapat terjadi dalam keadaan tertentu

Keterangan skala untuk tingkat keparahan sebagai berikut:

<b>Tingkat <i>Severity</i></b>	<b>Uraian</b>	<b>Definisi (<i>Business</i>)</b>
0	Tidak signifikan	Tidak membutuhkan perbaikan
1	Kecil	Membutuhkan perbaikan dengan biaya 1x pengerjaan
2	Sedang	Membutuhkan perbaikan dengan biaya 4x pengerjaan
3	Berat	Membutuhkan perbaikan dengan biaya 1 bulan pengerjaan
4	Sangat Berat	Membutuhkan perbaikan dengan biaya 1 tahun pengerjaan

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (business)</i>					<i>Severity (business)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion			x					x		
		Erosion					x			x		
		Earthquake					x		x			
2	Mandmade Hazards	Yield Failure				x				x		
		Operator Error			x					x		
		<i>Internal Corrosion</i>			x						x	
		Fire and Explosion			x					x		
		Fatigue Damage				x				x		
		Poor Quality Control			x					x		
		Local Buckling				x				x		
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak			x						x	
		Pencurian Minyak				x					x	
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x						x	

## KUISIIONER RESPONDEN KE DUA

### ASPEK SAFETY

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (safety)</i>					<i>Severity (safety)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion	x							x		
		Erosion		x						x		
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure			x			x				
		Operator Eror				x			x			
		<i>Internal Corrosion</i>			x					x		
		Fire and Explosion				x			x			
		Fatigue Damage			x				x			
		Poor Quality Control				x				x		
		Local Buckling				x			x			
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak			x			x				
		Pencurian Minyak					x	x				
		Kapal Nelayan menabrak pipa				x				x		
		Pohon Tumbang			x				x			

**ASPEK ENVIRONMENT**

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (environment)</i>					<i>Severity (environment)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion			x						x	
		Erosion			x					x		
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure					x	x				
		Operator Eror			x					x		
		<i>Internal Corrosion</i>		x						x		
		Fire and Explosion			x					x		
		Fatigue Damage		x						x		
		Poor Quality Control			x					x		
		Local Buckling				x				x		
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak			x					x		
		Pencurian Minyak					x			x		
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x					x		
		Pohon Tumbang			x					x		



**ASPEK BUSINESS/ASSETS**

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (business)</i>					<i>Severity (business)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion			x					x		
		Erosion					x			x		
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure					x			x		
		Operator Error				x				x		
		<i>Internal Corrosion</i>			x						x	
		Fire and Explosion			x					x		
		Fatigue Damage			x					x		
		Poor Quality Control			x					x		
		Local Buckling				x				x		
3	External azard	Pembukaan Lahan Tambak			x						x	
		Pencurian Minyak					x				x	
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x						x	
		Pohon Tumbang			x						x	

## KUISIIONER RESPONDEN KE TIGA

### ASPEK SAFETY

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (safety)</i>					<i>Severity (safety)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion	x							x		
		Erosion				x			x			
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure		x				x				
		Operator Eror					x		x			
		<i>Internal Corrosion</i>		x						x		
		Fire and Explosion			x				x			
		Fatigue Damage			x				x			
		Poor Quality Control			x				x			
		Local Buckling			x				x			
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak		x				x				
		Pencurian Minyak					x	x				
		Kapal Nelayan menabrak pipa		x					x			
		Pohon Tumbang		x					x			

**ASPEK ENVIRONMENT**

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (environment)</i>					<i>Severity (environment)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion	x								x	
		Erosion				x					x	
		Earthquake					x					x
2	Mandmade Hazards	Yield Failure		x						x		
		Operator Error					x				x	
		<i>Internal Corrosion</i>		x							x	
		Fire and Explosion				x						x
		Fatigue Damage				x			x			
		Poor Quality Control				x			x			
		Local Buckling				x					x	
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak			x						x	
		Pencurian Minyak					x				x	
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x					x		
		Pohon Tumbang			x				x			

**ASPEK BUSINESS/ASSETS**

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (business)</i>					<i>Severity (business)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion	x						x			
		Erosion				x				x		
		Earthquake					x					x
2	Mandmade Hazards	Yield Failure		x					x			
		Operator Eror					x		x			
		<i>Internal Corrosion</i>		x							x	
		Fire and Explosion				x						x
		Fatigue Damage				x			x			
		Poor Quality Control				x			x			
		Local Buckling				x				x		
3	External azard	Pembukaan Lahan Tambak			x				x			
		Pencurian Minyak					x			x		
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x					x		
		Pohon Tumbang			x				x			

## KUISIIONER RESPONDEN KE EMPAT

### ASPEK SAFETY

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (safety)</i>					<i>Severity (safety)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion	x							x		
		Erosion			x				x			
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure			x			x				
		Operator Eror				x			x			
		<i>Internal Corrosion</i>			x					x		
		Fire and Explosion			x				x			
		Fatigue Damage				x			x			
		Poor Quality Control			x				x			
		Local Buckling				x			x			
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak			x			x				
		Pencurian Minyak					x	x				
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x				x			
		Pohon Tumbang		x					x			

**ASPEK ENVIRONMENT**

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (environment)</i>					<i>Severity (environment)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion		x							x	
		Erosion				x			x			
		Earthquake					x		x			
2	Mandmade Hazards	Yield Failure					x		x			
		Operator Eror			x					x		
		<i>Internal Corrosion</i>		x							x	
		Fire and Explosion			x					x		
		Fatigue Damage				x				x		
		Poor Quality Control				x			x			
3	External Hazard	Local Buckling				x				x		
		Pembukaan Lahan Tambak				x				x		
		Pencurian Minyak					x			x		
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x					x		
		Pohon Tumbang			x				x			

**ASPEK *BUSINESS*/ASSETS**

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (business)</i>					<i>Severity (business)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion			x				x			
		Erosion			x					x		
		Earthquake				x			x			
2	Mandmade Hazards	Yield Failure			x					x		
		Operator Eror				x			x			
		<i>Internal Corrosion</i>			x						x	
		Fire and Explosion			x						x	
		Fatigue Damage				x				x		
		Poor Quality Control				x			x			
		Local Buckling				x				x		
3	External azard	Pembukaan Lahan Tambak			x					x		
		Pencurian Minyak				x				x		
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x					x		
		Pohon Tumbang			x					x		

## KUISIONER RESPONDEN KE LIMA

### ASPEK SAFETY

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (safety)</i>					<i>Severity (safety)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion	x							x		
		Erosion			x				x			
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure				x		x				
		Operator Eror			x				x			
		<i>Internal Corrosion</i>			x					x		
		Fire and Explosion				x			x			
		Fatigue Damage			x				x			
		Poor Quality Control				x			x			
		Local Buckling				x			x			
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak			x			x				
		Pencurian Minyak					x	x				
		Kapal Nelayan menabrak pipa				x				x		
		Pohon Tumbang			x				x			



**ASPEK ENVIRONMENT**

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (environment)</i>					<i>Severity (environment)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion			x					x		
		Erosion				x				x		
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure					x	x				
		Operator Error			x					x		
		<i>Internal Corrosion</i>		x						x		
		Fire and Explosion			x					x		
		Fatigue Damage			x					x		
		Poor Quality Control				x				x		
		Local Buckling				x			x			
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak				x				x		
		Pencurian Minyak					x			x		
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x						x	
		Pohon Tumbang			x					x		

**ASPEK *BUSINESS*/ASSETS**

No	Potential Hazard		<i>Likelihood (business)</i>					<i>Severity (business)</i>				
			0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
1	Natural Hazards	External Corrosion			x					x		
		Erosion					x			x		
		Earthquake					x	x				
2	Mandmade Hazards	Yield Failure					x			x		
		Operator Eror				x				x		
		<i>Internal Corrosion</i>			x						x	
		Fire and Explosion			x					x		
		Fatigue Damage			x					x		
		Poor Quality Control			x					x		
		Local Buckling				x				x		
3	External Hazard	Pembukaan Lahan Tambak			x						x	
		Pencurian Minyak					x				x	
		Kapal Nelayan menabrak pipa			x						x	
		Pohon Tumbang			x						x	

## BIODATA PENULIS



Alief Akbar El Hakim lahir di kota Sidoarjo pada tanggal 20 Juni 1996. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Pucang IV Sidoarjo, SMP Negeri 1 Sidoarjo, hingga SMA Negeri 1 Sidoarjo. Setelah lulus dari sekolah menengah, penulis melanjutkan pendidikannya di Departemen Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama di bangku perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi sebagai Ketua Divisi Publikasi Departemen

Media Informasi Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan FTK ITS periode 2016/2017 dan juga menjadi Staff Ahli Departemen Komunikasi dan Informasi di Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Penulis mendapatkan kesempatan kerja praktek di PT. Indospec Asia di bidang *Pipeline Engineer* selama dua bulan. Selama masa studi Strata 1 yang ditempuh dalam waktu 4 tahun, penulis tertarik pada bidang manajemen dan produksi bangunan lepas pantai. Sehingga dalam mata kuliah Tugas Akhir ini, penulis mengambil topik tentang analisa resiko kegagalan operasi pada *onshore pipeline*.

Email: [aliefakbarhakim@gmail.com](mailto:aliefakbarhakim@gmail.com)